



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

**Sensorbasiertes Monitoring
zur kontextsensitiven Unterstützung von Wissensarbeit**

Vom Fachbereich
Elektrotechnik und Informationstechnik
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

Dissertationsschrift

von

Matthias Kropff M.Sc.

Geboren am 28. Januar 1979 in Bad Soden a.Ts.

Erstreferent: Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz
Korreferent: Prof. Wolfgang Ellermeier, Ph.D.
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Lars Wolf

Tag der Einreichung: 16. September 2010
Tag der Disputation: 3. Dezember 2010

Darmstadt, 2011
Hochschulkennziffer D17



Sensorbasiertes Monitoring zur kontextsensitiven Unterstützung von Wissensarbeit

Zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation von
Matthias Kropff M.Sc., geboren am 28. Januar 1979 in Bad Soden a.Ts.
2011 – Darmstadt – D17



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Fachbereich Elektrotechnik
und Informationstechnik

Fachgebiet Multimedia Kommunikation
Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz

Sensorbasiertes Monitoring
zur kontextsensitiven Unterstützung von Wissensarbeit

genehmigte Dissertation von
Matthias Kropff M.Sc., geboren am 28. Januar 1979 in Bad Soden a.Ts.

Tag der Einreichung: 16. September 2010
Tag der Disputation: 3. Dezember 2010

Erstreferent: Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz
Korreferent: Prof. Wolfgang Ellermeier, Ph.D.
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Lars Wolf

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Fachgebiet Multimedia Kommunikation (KOM)
Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz

Zusammenfassung

In der modernen Informationsgesellschaft ist es für die steigende Anzahl von Wissensarbeitern immer notwendiger, die Zeitphasen hoch geistiger Arbeit vor den Auswirkungen ungeplanter Unterbrechungen zu schützen. Empirische Untersuchungen belegen die negativen Auswirkungen auf kognitive Leistung, Bearbeitungsdauer, Stressempfinden und physiologischen Zustand, die aufgrund spontaner Arbeitsunterbrechungen durch Kollegen und Kommunikationstechnologien verursacht werden.

Diese Arbeit verfolgt das Ziel, ein Unterbrechungsmanagement-System in Form eines Virtuellen Assistenten zu konzipieren, mit welchem dem Wissensarbeiter Unterstützung angeboten werden soll. Der Virtuelle Assistent schätzt hierzu auf Basis multimodaler Sensorinformationen unter Zuhilfenahme statistischer Modelle den Kontext des Wissensarbeiters und ergreift Maßnahmen zur Reduzierung der Unterbrechungskosten. Zur Analyse der Unterbrechungskosten wurde anhand verwandter Arbeiten ein umfassendes Faktorenmodell entwickelt, welches die Beziehung zwischen den Kontext beschreibenden Faktoren und den Auswirkungen von Unterbrechungen systematisch darstellt. Mit Blick auf das zu entwickelnde Unterbrechungsmanagement-System wurden anhand des Modells offene Faktoren identifiziert und daraus folgend in einem Laborexperiment die Auswirkungen von Unterbrechungen in Abhängigkeit der durchgeführten Aufgabenart, Störungsmodalität und der Antizipation von Kontrolle untersucht. Es zeigt sich, dass sich der Aufwand zur expliziten Steuerung eines solchen Systems negativ auf das Stressniveau auswirken kann. Gestützt durch diese Erkenntnisse wurde entsprechend der autonom entscheidende Virtuelle Assistent umgesetzt.

Im Rahmen der Entwicklung wurden umfangreiche Sensorkomponenten und Nutzerschnittstellen implementiert sowie ein adaptiver Lernkreislauf entwickelt, um eine nutzerspezifische Anpassung des statistischen Modells zu ermöglichen. Der Prototyp des Virtuellen Assistenten wurde abschließend in einem Feldtest dazu eingesetzt, verschiedene Algorithmen aus dem Bereich des Maschinellen Lernens hinsichtlich ihrer Klassifikationsgüte zur Kontextbestimmung zu untersuchen.



Abstract

In the modern information society, the increasing number of knowledge workers are constrained by the need to protect their working phases of cognitively demanding tasks from spontaneous interruptions to mitigate performance degradations. Empirical research found evidence that spontaneous interruption, caused by colleagues and communication technology, have a negative impact on the knowledge workers' cognitive performance, task completion time, perceived stress level and physiological state. The aim of this thesis was to design a virtual assistant, which provides assistance for interruption management. The virtual assistant applies models from statistical Machine Learning on multi-modal sensor information to continuously infer the status (context) of the user in real-time and deduce the cost of an upcoming interruption. The inferred cost value is then applied to take management measures, such as filtering incoming calls or e-mail notifications. Throughout the thesis, a holistic factor model was developed from the available literature to systematically analyze the interruption costs. The model describes the relationship between the factors assessing the prevalent user context and the effects caused by an interruption. With respect to the foreseen assistance for interruption management, the relationships between several factors were further investigated in an experimental setup. In the experiment, the effects of task interruption were investigated with regards to the type of task, modality of interruption and anticipation of control. Results show that an explicit management overhead to control the interruption management system has a negative impact on the perceived stress level. Based on the experimental findings, a prototype of the autonomous virtual assistant was developed. Throughout the implementation, extensive sensor and user interfaces have been developed, as well as a self-adaptive learning mechanism to adapt to the user's interruption concept. The prototype was evaluated in a field test scenario to assess the accuracy of several classification algorithms.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Ziele	6
1.2	Struktur und eigene Beiträge	7
2	Grundlagen und verwandte Arbeiten	9
2.1	Grundlagen und Definitionen relevanter Begriffe	9
2.1.1	Klassifikation von Unterbrechungen	9
2.1.2	Unterbrechbarkeitskonzept	10
2.1.3	Maschinelles Lernen	11
2.2	Unterbrechungskosten	16
2.2.1	Unterbrechungskosten auf individueller und Unternehmensebene	19
2.2.2	Verwandte Arbeiten zur Modellierung von Unterbrechungskosten	23
2.3	Unterbrechungsmanagement	25
2.3.1	Grundlagen Unterbrechungsmanagement-Strategien	25
2.3.2	Technische Ansätze zur Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement	28
2.3.3	Zusammenfassung und Konsequenzen für den Virtuellen Assistenten	33
3	Faktorenmodell der Unterbrechbarkeit	35
3.1	Einleitung	35
3.1.1	Aufbau des Modells	36
3.1.2	Unterbrechungsunabhängige und -abhängige Faktoren	36
3.2	Abhängige Faktoren	38
3.2.1	Fehlerrate	38
3.2.2	Bearbeitungszeit	38
3.2.3	Emotionaler Zustand	39
3.2.4	Kognitiver Zustand	39
3.2.5	Verhalten	40
3.2.6	Auswirkungen auf den Beziehungsgraphen	40
3.2.7	Informationstransfer	41
3.3	Unterbrechungsabhängige Mediatoren	41
3.3.1	Gemeinsamkeit von Arbeitskontext und eingehender Information	41
3.3.2	Soziale Beziehung	42
3.4	Unterbrechungsunabhängige Mediatoren	43
3.4.1	Unterbrechungshistorie	43
3.4.2	Organisationsstruktur	43
3.4.3	Persönlichkeitsmerkmale	44
3.4.4	Sozialer Kontext	45
3.4.5	Emotionaler Zustand	46
3.4.6	Kognitiver Zustand	46
3.4.7	Antizipation von Unterbrechungen und deren Kontrolle	47
3.4.8	Zeitplan	47
3.4.9	Physiologischer Kontext	48
3.4.10	Aufgabe	49
3.5	Unabhängige Faktoren	51
3.5.1	Subjekt Sender	51

3.5.2	Dringlichkeit/Wichtigkeit	52
3.5.3	Inhalt	52
3.5.4	Modalität	52
3.5.5	Unterbrechungsdauer	53
3.6	Herausforderungen bei der Analyse des Unterbrechbarkeitskonzepts	53
4	Bedarf für ein sensorgestütztes Unterbrechungsmanagement-System	55
4.1	Ausgangslage	55
4.2	Methode	56
4.2.1	Messinstrumente	56
4.2.2	Stichprobe	57
4.3	Ergebnisse	57
4.3.1	Anzahl wahrgenommener Unterbrechungen und Wiedereinarbeitungszeit	58
4.3.2	Bedarf an Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement	59
4.3.3	Akzeptanz von Sensorik im Arbeitsumfeld	59
4.3.4	Unterbrechbarkeitskonzept und Unterbrechungsempfindlichkeit	60
4.4	Zusammenfassung und Konsequenzen für das weitere Vorgehen	62
5	Auswirkungen von Unterbrechungen auf computergestützte Wissensarbeit	63
5.1	Ausgangslage	63
5.2	Untersuchte Hypothese	63
5.3	Versuchsplan	65
5.4	Operationalisierung	66
5.5	Material	67
5.6	Versuchsdurchführung	68
5.7	Ergebnisse	69
5.7.1	Hypothese 1	70
5.7.2	Hypothese 2	72
5.7.3	Hypothese 3	72
5.7.4	Hypothese 4	72
5.8	Diskussion	73
6	Maschinelle Analyse von Informationen aus dem elektronischen Kalender	77
6.1	Verwandte Arbeiten zur Mustererkennung in Kalenderinformationen	77
6.1.1	Groupware Kalender Systeme	77
6.1.2	Verwandte Arbeiten	78
6.2	Untersuchungen von Kalendersensoren für den Virtuellen Assistenten	78
6.2.1	Systemdesign	78
6.2.2	Systemarchitektur	79
6.3	Evaluation	85
6.3.1	Stichprobe	85
6.3.2	Generelle Schlüsse aus den Kalenderinformationen	87
6.3.3	Klassifikationsgüte und Merkmalsrelevanz	90
6.4	Zusammenfassung und Erkenntnisse für den Virtuellen Assistenten	91
7	Umsetzung des Virtuellen Assistenten <i>Odysseus</i>	95
7.1	ContextFramework.KOM - Systemaufbau und Kommunikation	95
7.2	Lern-Adaptationskreislauf zur Erstellung des Unterbrechbarkeitsmodells	98
7.2.1	Auswertung	98
7.2.2	Vorverarbeitung	98

7.2.3	Adaption	99
7.3	Sensorik	100
7.3.1	Audio-Sensor	100
7.3.2	Video-Sensor	102
7.3.3	Bürostuhlsensor	103
7.3.4	PC-Task-Sensor	103
7.3.5	Tubicles – Externe Sensorplattform	107
7.4	Nutzerschnittstellen	107
7.4.1	Offline-Feedback	108
7.4.2	Online-Feedback	108
7.5	Langzeituntersuchung des Unterbrechbarkeitskonzepts	109
7.5.1	Strategien zur Steigerung der Nutzerakzeptanz	110
8	Evaluation des Unterbrechungsmanagement-Systems	115
8.1	Design	115
8.2	Beschreibung der Stichprobe und Apparatur	116
8.3	Ergebnisse	116
8.3.1	Vereinte Modelle im Vergleich	118
8.3.2	Merkmalsrelevanz bei der Klassifikation	121
8.3.3	Zusammenhang zwischen Tätigkeitskomplexität und Unterbrechbarkeitsniveau	121
9	Zusammenfassung und Ausblick	123
9.1	Zusammenfassung	123
9.2	Ausblick	125
9.3	Fazit	126
	Literaturverzeichnis	127
A	Weitere Auswertungsergebnisse Untersuchungen Online-Kalender	153
B	Merkmalsbetrachtung Unterbrechbarkeitsniveau	155
C	Lebenslauf	157
D	Erklärung laut §9 der Promotionsordnung	159



Hinweise

Aus Gründen der Lesbarkeit wird im Folgenden auf eine geschlechtsneutrale Schreibweise verzichtet und jeweils die männliche Form verwendet. Dessen ungeachtet gelten alle entsprechenden Aussagen gleichermaßen auch in weiblicher Form, wenn nicht explizit anders angegeben.



1 Einleitung

Während die E-Mail-Anwendung den Eingang einer neuen Nachricht ankündigt, fordert blinkend ein Chatfenster des Instant Messengers zur sofortigen Konversation auf. Im gleichen Augenblick klingelt das Telefon, und ein Kollege tritt fragend in den Raum, der sich mit den Kommunikationsmedien in einen Wettstreit im Ringen um eine der kostbarsten Ressourcen der Informationsgesellschaft begibt: *menschliche Aufmerksamkeit*.

Der technische Fortschritt am Arbeitsplatz ermöglicht es dem modernen Wissensarbeiter, sich schnell und flexibel an die dynamischen Just-in-Time-Prozesse der global vernetzten Arbeitswelt anzupassen. Die Möglichkeit, sich ununterbrochen zu informieren und informieren zu lassen, fordert den informationsverarbeitenden Mensch mehr und mehr dazu auf, sich im Rahmen seines Unterbrechungsmanagements sich mit den Auswirkungen spontaner Unterbrechungen und den Effekten unvermeidlichen Multitaskings auseinanderzusetzen.

Ziel dieser Arbeit ist es, dem Wissensarbeiter in seinem Unterbrechungsmanagement technische Unterstützung in Form eines Virtuellen Assistenten zu bieten. Es soll daher untersucht werden, inwieweit die Fähigkeiten eines menschlichen Assistenten – zu beobachten, zu lernen und zu entscheiden – mit technischen Ansätzen nachgebildet werden können.

Wissensarbeit

Unter *Wissensarbeit* versteht man nach [BG06] eine Form überwiegend geistiger Arbeit, in der sich der Arbeiter mit Informationen und Wissen auseinandersetzt, dieses verwenden oder entwickeln muss. Drucker [Dru74] beschreibt den Wissensarbeiter (Knowledge Worker) als: „An employee whose major contribution depends on his employing his knowledge rather than his muscle power and coordination, frequently contrasted with production workers who employ muscle power and coordination to operate machines“. Larson unterteilt in seiner Definition Wissensarbeit in die vier Bereiche: (a) Informationssammlung, (b) Informationsanalyse, (c) Informationsaufbereitung und (d) Informationskommunikation [Lar91]. Der steigende Anteil von Wissensarbeit in der sich weiter entwickelnden Informationsgesellschaft stellt somit auch neue Anforderungen an den arbeitenden Menschen. So betont Hacker [Hac78] aus arbeitspsychologischer Sicht, dass Wissensarbeit als eine fast ausschließlich *geistige Tätigkeit* angesehen werden kann, die sich aus informationsübertragenden und -verarbeitenden Handlungen bei selbstständiger Verarbeitungsanforderung zusammensetzt. Es wird damit deutlich, dass sich der Wissensarbeiter in einem fortlaufenden Managementprozess befindet, in dem er seine geistige Ressource Aufmerksamkeit in Einklang mit den Kommunikations- und Kollaborationsanforderungen bringen muss.

Informations- und Kommunikationstechnik als Basis für Wissensarbeit

Zur Effizienzsteigerungen der Wissensarbeit verfügt der moderne Wissensarbeiter über eine umfangreiche Ausstattung an multimedialen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Zur Verbesserung der Kommunikation sind hier vor allem die Medien der computervermittelten Kommunikation (CVK) wie Telefon-, E-Mail-, Instant-Messaging- oder Videotelefonie-Systeme zu nennen.

Die Verwendung von Echtzeit-Kommunikationsmedien erfordert die synchrone Verfügbarkeit der Teilnehmer, was beim Empfänger zur Unterbrechung der jeweiligen Arbeitsaufgabe führen kann, wenn eine Kommunikationssitzung spontan initiiert wird. Dies kann zu Beeinträchtigungen der Arbeitsleistung führen, wenn beispielsweise ein eingehender Telefonanruf als äußerst störend empfunden wird. Konzentriert sich der Wissensarbeiter z. B. gerade darauf, einen Fachartikel in einer Fremdsprache zu verfassen, wird die Aufmerksamkeit durch das Annehmen des Telefonats auf die Konversation gerichtet.

Asynchrone Kommunikationsmedien wie beispielsweise E-Mail ermöglichen dem Empfänger zwar einen geeigneten Zeitpunkt für die Bearbeitung der eingehenden Nachricht zu wählen, jedoch kann auch bereits die Signalisierung per Pop-up über eine eingehende E-Mail Kosten in Form von Ablenkung verursachen. In ähnlicher, ebenfalls störender Weise können Softwareprogramme, ungeachtet der vorherrschenden Situation, den Nutzer spontan in seinem Arbeitsprozess unterbrechen und somit einen Wechsel seiner mentalen Fokussierung verursachen. So zeigen Czerwinski et al. [CCH00b], dass sich bereits das bloße Wahrnehmen eingehender Nachrichten negativ auf die Leistungsfähigkeit von Personen auswirkt.

Spontane Unterbrechung von Wissensarbeit

González und Mark [GM04] zeigen in Untersuchungen zum Arbeitsverhalten von Wissensarbeitern, dass die Versuchspersonen im täglichen Arbeitsablauf im Durchschnitt alle drei Minuten die Aufgabe wechseln und etwa alle zwölf Minuten ein Wechsel des kompletten Aufgabenkontexts stattfindet. Weiter lässt sich feststellen, dass hierbei die Hälfte aller Unterbrechungen nicht selbst initiiert wird, sondern sich durch externe Einflüsse auf die Versuchsperson ergibt. Reder [RS90] beobachtet, dass vor allem bei Managern, aufgrund ihrer hohen kommunikativen Vernetzung, die Arbeitszeit in sehr kurze Zeitabschnitte fragmentiert wird.

Unterbrechungen verursachen oft die Aufschiebung von Hauptaufgaben, benötigen zusätzliche Ressourcen und kosten den Mitarbeiter noch zusätzliche Motivation, um an einer Aufgabe weiterzuarbeiten [SR08b]. Untersuchungen zu Unterbrechungen am Arbeitsplatz zeigen, dass sich dies negativ auf die Arbeitsproduktivität auswirken kann [SF05, RJ08]. Die entstehenden Kosten einer Unterbrechung können im Wesentlichen mit vier Faktoren beschrieben werden. Zu diesen gehören (a) eine erhöhte *Fehlerrate*, (b) zusätzlicher *Zeitaufwand zur Wiedereinarbeitung* nach einer Unterbrechung, (c) eine Erhöhung des subjektiv empfundenen *Stresslevels* sowie (d) Kosten durch das *Vergessen von Vorhaben* aufgrund der Unterbrechung. Eine detaillierte Beschreibung dieser Kostenfaktoren wird im Laufe des Grundlagenkapitels gegeben.

Hudson et al. [HCKE02] beobachten in einer Studie an Wissensarbeitern, dass sich einige Personen physisch von ihrem Arbeitsplatz entfernten, um den störenden Unterbrechungen durch elektronische Medien und physische Kontaktaufnahmen zu entgehen und dadurch ihre Produktivität zu verbessern. Diesem rein restriktiven Verhalten, jegliche Kommunikationsmedien auszuschalten und sich an einen Ort zu begeben, an dem man nicht durch Unterbrechungen gestört werden kann, stehen jedoch einige Nachteile auf individueller und unternehmensübergreifender Ebene entgegen. Das gezeigte Verhalten könnte begünstigen, dass dringende Informationen nicht rechtzeitig erhalten werden oder das z. B. dringende Fragen von Kollegen nicht rechtzeitig beantwortet werden können.

Auf der einen Seite irritieren spontane Unterbrechungen den Wissensarbeiter und vermindern seine Produktivität, auf der anderen Seite ist der schnelle Austausch von Informationen und Statusreports essentiell für die Arbeitsproduktivität [HCKE02]. Der typische Wissensarbeiter bewegt sich daher ständig in einem Spannungsfeld zwischen konzentrierter, geistig anspruchsvoller Einzelarbeit auf der einen Seite und intensiver Kommunikation mit Kunden und Kollegen auf der anderen. Um seine eigene Produktivität aufrechterhalten zu können, ist er somit dazu angehalten, seine Kommunikationsverfügbarkeit fortwährend an seine momentane Situation anzupassen und sich je nach seiner aktuellen Tätigkeit mehr oder weniger restriktiv vor Unterbrechungen zu schützen.

Die Arbeits- und Organisationspsychologen König und Kleinmann [KK04] diskutieren die Anforderungen an den modernen Wissensarbeiter aus Sicht des Zeitmanagements bzw. des übergeordneten Konzepts des Selbstmanagements. Die Autoren argumentieren, dass Zeitmanagement eine der Kernkompetenzen der modernen Arbeitswelt ist und nennen bei der Untersuchung zehn problematische Einflussfaktoren, die einem effizienten Zeitmanagement entgegenstehen. Diese sind laut [KK04]:

-
- (a) Ablenkung/Unterbrechung/mangelnde Zielverfolgung
 - (b) Vergessen von Vorhaben
 - (c) Multitasking
 - (d) Unfähigkeit, Nein zu sagen
 - (e) Schlechte Organisation am Arbeitsplatz
 - (f) Aufschieben
 - (g) Zu wenig Planung
 - (h) Zu wenig Delegation
 - (i) Unterschätzung der Dauer einzelner Aufgaben
 - (j) Mangelnde Berücksichtigung von Leistungsschwankungen über den Tag

Betrachtet man diese Faktoren genauer, lässt sich erkennen, dass die Faktoren (a) bis (c) in direktem Zusammenhang mit dem Auftreten von Unterbrechung und somit mit dem Unterbrechungsmanagement stehen. Faktor (d) kann hier noch zu Teilen einbezogen werden, wenn es Personen beispielsweise nur schwerlich gelingt, spontane Unterbrechungen in Form von Anfragen von Kollegen abzuweisen.

Eine übergreifende Regulationsmaßnahme, um sich vor Unterbrechungen auf der Gruppen- oder Abteilungsebene zu schützen, ist die Einteilung der Arbeitszeit in explizite Ruhe- und Kommunikationsphasen. Dies ermöglicht, neben den Unterbrechungen durch CVK-Medien auch auf die Auswirkungen spontaner persönlicher Kontaktaufnahmen Einfluss zu nehmen.

Untersuchungen solcher Arbeits- und Organisationsmaßnahmen in einem Team von Softwareentwicklern zeigen zwar eine kurzzeitige Verbesserung der Produktivität, einhergehend mit einer hohen Akzeptanz in der Versuchsgruppe, scheitern jedoch an der konsequenten weiteren Umsetzung, da im operativen Alltag aufgrund der individuellen Arbeitsstruktur die strikte Trennung dieser beiden Zeitphasen nicht aufrechterhalten werden kann [Per99].

Den Zusammenhang zwischen Störungen durch Unterbrechungen und der Art der Arbeitsumgebung untersucht Mark et al. [MGH05] im Vergleich mit einer offenen Arbeitsumgebung zu einer verteilten Umgebung. Das Arbeiten in einer offenen Arbeitsumgebung bedeutet hier, dass sich mehrere Personen im selben Raum befinden, wohingegen ein verteiltes Arbeiten in jeweils eigenen Büros stattfindet. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass das Arbeiten in einer offenen Arbeitsumgebung zwar zu einer höheren Anzahl von Unterbrechungen führt, die Zeitdauer, welche am Stück im gleichen Aufgabenkontext gearbeitet wird, jedoch durchschnittlich höher ist. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass in einer offenen Umgebung die Achtsamkeit (*awareness*) über den Zustand des zu unterbrechenden Wissensarbeiters leichter eingeschätzt werden kann und damit die Wahl eines passenden Zeitpunktes zur Kontaktaufnahme leichter fällt.

Unterbrechung durch Kommunikationsmedien

Um eine Form der virtuellen Achtsamkeit in geographisch verteilten Arbeitsgruppen zu ermöglichen, verfügen moderne Kommunikationssysteme zur Zeit über eine manuelle Version der sogenannten Präsenzsensibilisierung. Der Nutzer legt hier manuell fest, ob er gerade für Kommunikation verfügbar ist oder nicht. Diese Art der Unterbrechungsfilterung ist sehr aufwändig und beinhaltet das Risiko, das fortlaufende Aktualisieren des Präsenzstatus zu vergessen [MS00]. Wird beispielsweise vergessen, die automatische Anrufweiterleitung rechtzeitig anzupassen, kann der Wissensarbeiter in einen Fall unpassend gestört, im anderen Fall für eine gewisse Zeit nicht erreichbar sein. Gängige Instant-Messaging-Systeme erlauben es, dass lediglich Teilnehmer der eigenen Kontaktliste Nachrichten übermitteln dürfen. Diese binäre Einteilung entspricht jedoch nicht dem differenzierteren Blick auf die eigene Kommunikationsverfügbarkeit [MS00].

Ansätze auf Mobiltelefonen erlauben es beispielsweise, mit unterschiedlichen Klingeltönen Anrufgruppen zu erstellen, um in einer geeigneteren Form eine situationsabhängige Erreichbarkeit zu ermöglichen. Auch hier ist das manuelle Nachführen der Konfiguration ein Hindernis und die Ursache für deren geringe Verwendung.

Eine wirklich differenzierende Lösung wird zur Zeit lediglich durch einen persönlichen Assistenten, wie beispielsweise der traditionellen Bürosekretärin, ermöglicht. Der persönliche Assistent ist in der Lage, die Situation der Zielperson genau zu erfassen und die durch Unterbrechungen entstehenden Kosten mit dem zu erwartenden Nutzen abzuwägen. Ein Assistent bietet somit konkrete Unterstützung im Kommunikations- bzw. Unterbrechungsmanagement [DG05]. Ein persönlicher, menschlicher Assistent kann aus Kostengründen jedoch nicht jedem Wissensarbeiter zur Verfügung stehen. Da im Wandel zur Informationsgesellschaft jedoch immer mehr Wissensarbeiter eine hohe Vernetzung und somit ein hohes Kommunikations-, bzw. Unterbrechungsaufkommen zu managen haben, stellt sich die Frage, wie jeder Wissensarbeiter kostengünstig in seinem Kommunikations- bzw. Unterbrechungsmanagement unterstützt werden kann.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die steigende Anzahl von Wissensarbeitern bei der Nutzung der IKT-Technologien immer mehr gefordert ist, sich vor zu viel Multitasking in Form von Unterbrechungen zu schützen, um die eigene Produktivität aufrechtzuerhalten.

1.1 Ziele

Das Ziel, das mit den Beiträgen dieser Arbeit verfolgt wird, besteht darin, dem Wissensarbeiter in seinem Unterbrechungsmanagement technische Unterstützung in Form eines Virtuellen Assistenten anzubieten. Das Assistenzsystem soll hierbei eine medierende Funktion zwischen möglichen Unterbrechungsquellen und dem Wissensarbeiter darstellen.

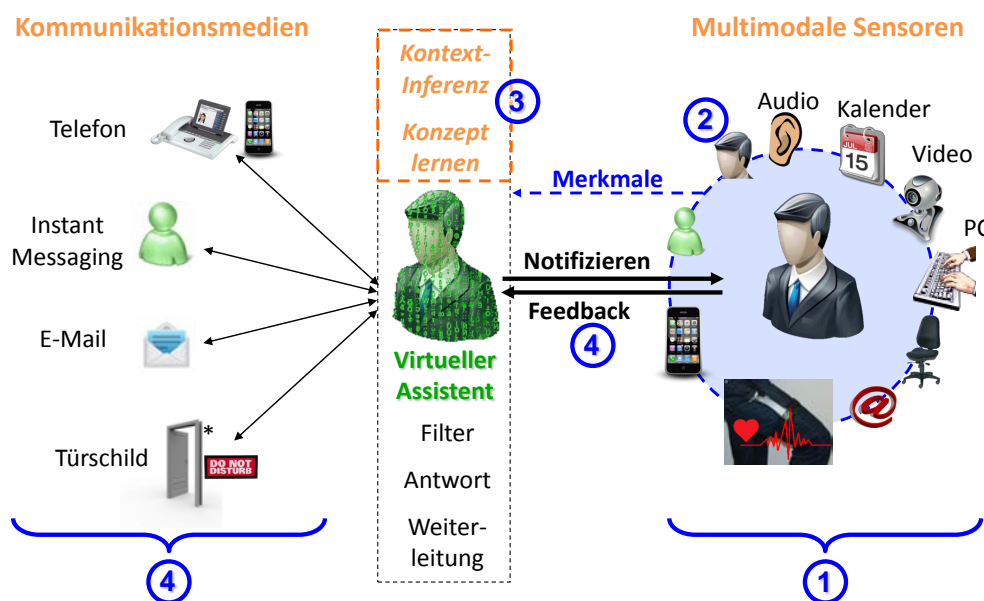


Abbildung 1.1: Schematische Darstellung des Virtuellen Assistenten

Abbildung 1.1 zeigt die schematische Darstellung des Virtuellen Assistenten, der als Kernelement des Systems eingehende Unterbrechungen auf unterschiedlichen Medien entgegennimmt, filtert, autonom beantwortet oder weiterleitet. Um die gegebene Situation des Wissensarbeiters bewerten zu können, ist das System auf eine breite Anzahl von multimodalen Informationen angewiesen, die von unterschiedlichen Sensorkomponenten erfasst werden müssen. Für die Umsetzung eines Virtuellen Assistenten zur Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement müssen eine Vielzahl von Herausforderungen adressiert werden. In Anlehnung an die initialen Arbeiten von McFarlane [McF02] zählen zu diesen Herausforderungen:

- Das automatisierte Einschätzen der Unterbrechbarkeit der Zielperson.
- Die Umsetzung intelligenter Nutzerschnittstellen zur Zustandserfassung.

-
- Das Erstellen kognitiver Modelle, um die Arbeitslast des Nutzers zu inferieren.
 - Das Konzipieren und Entwerfen von Nutzerschnittstellen zur Interaktion und Steuerung des Virtuellen Assistenten.
 - Das Einbeziehen der *Menschlichen Einflussgröße* (human factor) im gesamten Designprozess.

Die anvisierten Ziele dieser Arbeit wurden aus diesen Herausforderungen abgeleitet und können wie folgt in den Gesamtkontext der Arbeit eingeordnet werden (einzelne zentrale Punkte entsprechen auch der Nummerierung in Abbildung 1.1):

- Es soll untersucht werden, inwiefern ein menschlicher Assistent mit der Aufgabe, die Zielperson vor Unterbrechungen zu schützen, nachgebildet werden kann, und dies anhand verwandter Arbeiten diskutiert werden.
- Es soll der Frage nachgegangen werden, welche situationsbeschreibenden Merkmale (①) benötigt werden, um den Zustand des Wissensarbeiters hinsichtlich seiner Unterbrechbarkeit zu beschreiben. Zur Reduzierung der Komplexität wird in dieser Arbeit von der Annahme ausgegangen, dass das System zur Unterstützung lediglich Hilfestellung am Büroarbeitsplatz bzw. direkt am Schreibtisch bieten soll.
- Da sich menschliches Verhalten nicht zuverlässig durch eindeutige Regelwerke beschreiben lässt, sollen bei der Betrachtung der Menschlichen Einflussgröße, mögliche (②) interindividuelle Unterschiede im Unterbrechungsmanagement diskutiert werden.
- Es ist davon auszugehen, dass durch die dynamische Arbeitsumgebung von Wissensarbeitern auch die Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement adaptiv an die aktuellen Erfordernisse angepasst werden muss. Es soll daher untersucht werden, mit welchen Ansätzen die geforderte (③) Adaptivität umgesetzt werden kann.
- Bei der Betrachtung der Menschlichen Einflussgröße soll ebenfalls die Nutzerakzeptanz eines solchen Systems betrachtet werden.
- Zur Steuerung des Virtuellen Assistenten soll untersucht werden, welche Nutzerschnittstellen (④) sich für die Kontrolle anbieten.
- Forschungsvorhaben im Bereich der Unterbrechungswissenschaften sind darauf angewiesen, ihre Erkenntnisse aus empirisch erhobenen Daten abzuleiten. Da mit dieser Arbeit auch eine Grundlage für weitere Arbeiten zur Unterbrechungsunterstützung gelegt werden soll, ist eine der Zielvorgaben, dass die vorgestellten Ansätze in einem Realsystem umgesetzt werden.

1.2 Struktur und eigene Beiträge

Im Folgenden wird ein Überblick über die Struktur und die erzielten Beiträge der Arbeit gegeben.

Kapitel 1

stellte die *Motivation* und *Ziele* dieser Arbeit dar und führte in die Problematik der spontanen Arbeitsunterbrechung bei Wissensarbeit ein.

Kapitel 2

beinhaltet die für das Verständnis der Arbeit notwendigen *Grundlagen*, diskutiert technische Ansätze, wie Wissensarbeitern Unterstützung bei ihrem Unterbrechungsmanagement gegeben werden kann, und analysiert die *verwandten Arbeiten*.

Kapitel 3

stellt das in dieser Arbeit *entwickelte Faktorenmodell* zur Analyse des *Unterbrechbarkeitskonzeptes* eines Wissensarbeiters dar. Das Modell ermöglicht, die Komplexität der Konzeptmodellierung umfassend darzustellen, die Erkenntnisse *verwandter Arbeiten* systematisch zu klassifizieren und weitere Forschungsaktivitäten in den Kontext der durchgeführten Arbeiten zu setzen.

Kapitel 4

beschreibt die im Rahmen der Dissertation *durchgeführte Umfragestudie*, die eine Einschätzung über den Bedarf an Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement, die Akzeptanz von Sensorik im Arbeitsumfeld und die individuellen Unterschiede in der Unterbrechbarkeit gibt. Es werden dabei der erarbeitete Fragebogen, die erhobene Stichprobe und die Ergebnisse der Befragung vorgestellt.

Kapitel 5

stellt die im Rahmen der Dissertation durchgeführte *Laboruntersuchung* vor, in der analysiert wurde, inwieweit die Modalität einer Unterbrechung Einfluss auf Fehlerrate, Bearbeitungsdauer und emotionale Befindlichkeit hat. Als Mediatoren wurden die Art der Primäraufgabe und die Antizipation von Kontrolle über externe Störungen variiert. Aus der Analyse der verwandten Arbeiten im Kontext des erstellten Faktorenmodells in Kapitel 3 werden zunächst die zu untersuchenden Hypothesen abgeleitet. Der Beschreibung der Operationalisierung, dem Versuchsplan und der Stichprobe folgt die Interpretation der Ergebnisse.

Kapitel 6

Auf der Grundlage der durchgeführten Umfragestudie wurde untersucht, inwieweit sich gängige Klassifikationsalgorithmen dazu eignen, aus den *Kalenderinformationen höherwertige Kontextinformationen* für das Unterbrechungsmanagement-System zu gewinnen. Das Kapitel beschreibt die Architektur und Umsetzung eines generischen Sensors und einer Analysesoftware, mit der nachfolgend eine *empirische Erhebung* von Kalendereinträgen von Wissensarbeitern durchgeführt wurde.

Kapitel 7

geht auf die *Architektur und Umsetzung* des in dieser Arbeit entwickelten *Virtuellen Assistenten zur Analyse des Unterbrechbarkeitskonzeptes* ein. Hierbei wird auf die zugrundeliegenden, am Fachgebiet *Multimedia Kommunikation* entwickelte Kommunikationsmiddleware *ContextFramework.KOM* und auf die für diese Arbeit notwendigen, umgesetzten Erweiterungen eingegangen. Ebenso beschreibt dieses Kapitel die Umsetzung des Virtuellen Assistenten im *Unterbrechungsmanagementsystem Odysseus* und stellt die entwickelten *Nutzerschnittstellen* bzw. die Schnittstellen zu den einzelnen Medien vor.

Kapitel 8

beschreibt die *Evaluation* des Unterbrechungsmanagementsystems *Odysseus* am Fachgebiet *Multimedia Kommunikation*. Die durchgeführte *Felduntersuchung* gibt Aufschluss darüber, welche der per Sensor erfassten Merkmale die höchste Relevanz mit den Unterbrechbarkeitskonzepten der Nutzer besitzt.

Kapitel 9

schließt die Arbeit mit einer *Zusammenfassung* der erzielten Ergebnisse und einem *Ausblick* auf zukünftige Arbeiten.

2 Grundlagen und verwandte Arbeiten

Dieses Kapitel beinhaltet Grundlagen aus den verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen, die das Forschungsgebiet der *Unterbrechungswissenschaften* (Interruption sciences) umfasst. Neben den relevanten Fachbegriffen wird weiter auf die Grundbegriffe des Maschinellen Lernens und die grundlegenden psychologischen Theorien zur Informationsüberlastung bei menschlichen Denkprozessen eingegangen. Im weiteren Verlauf des Kapitels wird auf die Kosten spontaner Unterbrechungen auf individueller und auf Unternehmensebene eingegangen. Im Anschluss werden aus verwandten Arbeiten Modellierungsansätze diskutiert, die die Kosten-Nutzen-Gegenüberstellung für ein mathematisches Entscheidungsmodell ermöglichen. Das Kapitel schließt mit einer Betrachtung zu den Grundlagen des Unterbrechungsmanagements und diskutiert vor diesem Hintergrund technische Ansätze, mit denen Wissensarbeiter unterstützt werden können.

2.1 Grundlagen und Definitionen relevanter Begriffe

In diesem Abschnitt werden die unterschiedlichen Arten von Unterbrechungen sowie deren auslösende Ereignisse klassifiziert. Ferner wird auf die Grundlagen des Maschinellen Lernens eingegangen.

2.1.1 Klassifikation von Unterbrechungen

Unterbrechungen des Arbeitsflusses können durch unterschiedliche Ereignisse ausgelöst werden. Zur weiteren Differenzierung soll in einer ersten Stufe zwischen Unterbrechungen unterschieden werden, die durch interne bzw. externe Ereignisse ausgelöst werden. Eine *interne Unterbrechung* wird hierbei ohne erkenntliche äußere Reize vom Nutzer selbst initiiert. Der Wahrnehmungsfokus wechselt wie in Abbildung 2.1 dargestellt von der *Primäraufgabe* auf die *Unterbrechungsaufgabe*, wobei diese über keine inhaltliche Überschneidung mit der Primäraufgabe verfügt.

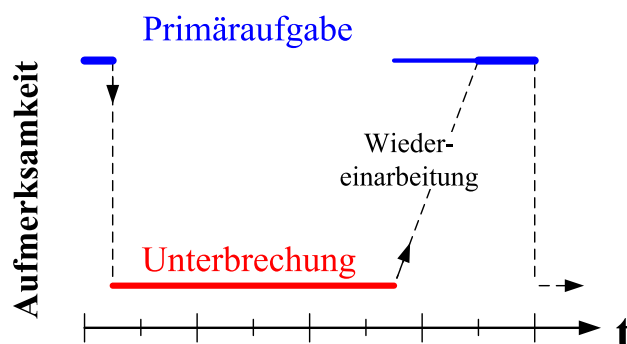


Abbildung 2.1: Zeitlicher Verlauf einer Unterbrechung, mit der Fokussierung auf die Unterbrechungsaufgabe und der Wiedereinarbeitungsphase

Als Beispiel kann man sich vorstellen, dass sich der Wissensarbeiter während der Bearbeitung der Primäraufgabe daran erinnert, dass er noch eine weitere dringliche Aufgabe zu erledigen hat und sofort den Arbeitsfokus wechselt. Ausgehend von dieser Annahme kann eine interne Unterbrechung wie folgt definiert werden:

Definition 1 Eine interne Unterbrechung lässt sich definieren, als ein Wechsel des Aufmerksamkeitsfokusses zu einer weiteren Aufgabe, der ohne erkenntliche äußere Reizeinwirkung erfolgt und somit vom Nutzer selbst initiiert wird.

Der Unterschied zwischen einer internen Unterbrechung und einem einfachen Wechsel zu einer neuen Primäraufgabe besteht darin, dass bei einer internen Unterbrechung die Primäraufgabe nicht vollständig abgearbeitet wird und kein systematischer Abschluss durchgeführt wird. Ein systematischer Abschluss würde beinhalten, dass über die erreichten Ziele und mögliche weitere Schritte reflektiert wird und die Inhalte des Arbeitsgedächtnisses externalisiert werden.

Im Gegensatz zur internen Unterbrechung lassen sich externe Unterbrechungen wie folgt definieren:

Definition 2 Eine externe Unterbrechung lässt sich definieren als ein Wechsel des Aufmerksamkeitsfokusses zu einer weiteren Aufgabe, der aufgrund eines extern auftretenden Reizes durchgeführt wird.

Im Rahmen des für diese Arbeit definierten Anwendungsgebietes sind lediglich zwei Spezialfälle von externen Unterbrechungen von Interesse. Diese sind externe Unterbrechungen für einen *synchronen Kommunikationsaufbau* zwischen *Sender* (z.B. Anrufer) und *Empfänger* (z.B. die angerufene Person) sowie externe Unterbrechungen bei *asynchroner Nachrichtenübermittlung* durch ein beliebiges Informations- und Kommunikationssystem[SN04].

Die Klasse der synchronen Kommunikationsmedien beinhaltet alle echtzeitfähigen Kommunikationsmedien wie Telefon, Videotelefonie und echtzeitfähige Instant-Messaging-Systeme. Im erweiterten Sinne soll in dieser Arbeit die persönliche Kommunikation, auch Face-to-Face-Kommunikation, mit in die Klasse der synchronen Kommunikationsmedien einbezogen werden. Wie im weiteren Verlauf der Arbeit gezeigt wird, können die Ansätze zur Unterstützung bei spontanen Unterbrechungen auch auf die persönliche Präsenzkommunikation ausgeweitet werden. Unterbrechungen die durch das physische Auftreten einer weiteren Person entstehen, werden in dieser Arbeit als *soziale Unterbrechungen* bezeichnet. Im Folgenden wird auf eine strikte Trennung dieser beiden Kommunikationskanäle verzichtet und bei Verwendung des Begriffs der *synchronen Kommunikation* auch immer die persönliche Kommunikation mit adressiert.

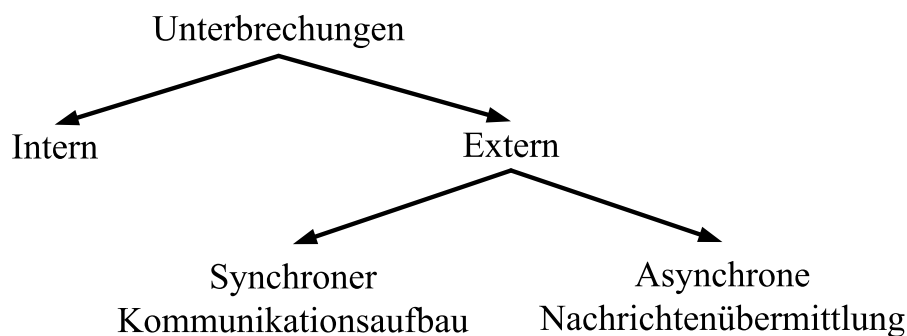


Abbildung 2.2: Klassifikation von Unterbrechungen

2.1.2 Unterbrechbarkeitskonzept

Soll zu einem gegebenen Zeitpunkt entschieden werden, ob es günstig ist, einen Wissensarbeiter in seiner momentanen Tätigkeit zu unterbrechen, kann das vorherrschende *Unterbrechbarkeitsniveau* anhand des so genannten *Unterbrechbarkeitskonzepts* ermittelt werden. Das individuelle Unterbrechbarkeitskonzept beschreibt den empfundenen Grad der Störung für verschiedene Situationen und definiert, ob bzw. in welcher Form eine Person unterbrochen werden möchte. Das individuelle Unterbrechbarkeitskonzept eines Nutzers wird für diese Arbeit wie folgt definiert:

Definition 3 Das Unterbrechbarkeitskonzept einer Person beschreibt den individuell bevorzugten Umgang mit einer eingehenden Unterbrechung in Abhängigkeit vom gegebenen Kontext.

Bezogen auf die Verwendung der CVK-Medien kann das Unterbrechbarkeitskonzept näher beschrieben werden als die für Dritte dargestellte Kommunikationsverfügbarkeit hinsichtlich der verfügbaren Kommunikationsmedien.

In einem ersten Schritt soll für die Definition des Begriffes *Kontext* auf eine der grundlegenden Definitionen aus dem Ubiquitous Computing von Dey zurückgegriffen werden. Dey [Dey00] beschreibt in seiner Definition *Kontext* als „...jede Information, die verwendet werden kann, um die Situation einer Entität zu beschreiben. Entitäten sind Personen, Plätze oder Objekte, die als relevant für den Nutzer, die Applikation und die Interaktion zwischen dem Nutzer und der Applikation erachtet werden“.

Diese Definition wird für diese Arbeit dahingehend eingegrenzt, dass nur Informationen als relevant betrachtet werden, die die gegebene Situation so weit differenziert, dass das gewünschte Unterbrechbarkeitsniveau bzw. die Kommunikationsverfügbarkeit ohne widersprüchliche Aussagen beschrieben werden kann. Zur Vereinfachung wird vorerst davon ausgegangen, dass der Nutzer keine widersprüchlichen Aussagen hinsichtlich seines Konzepts äußert. Der Begriff *Kontext* wird für diese Arbeit daher folgendermaßen definiert:

Definition 4 Der Kontext ergibt sich aus der Menge relevanter Merkmale, die dazu benötigt werden, das Konzept des Nutzers unverwechselbar zu beschreiben.

Das Unterbrechbarkeitskonzept spezifiziert somit zu einem gegebenen Kontext des Nutzers ein Regelwerk, das beschreibt, in welcher Weise eingehende Unterbrechungen nach Maßgabe des Nutzers behandelt werden sollen.

Um die Komplexität und Vielfältigkeit des Kontexts einer Person weiter zu strukturieren, kann der Kontext in unterschiedliche, möglichst orthogonal zueinanderliegende *Dimensionen* aufgeteilt werden. So repräsentieren beispielsweise der emotionale Zustand des Nutzers, seine momentane Arbeitsaufgabe sowie sein Aufenthaltsort (Lokation) unterschiedliche Dimensionen seines Kontexts. In der vorliegenden Arbeit liegt daher der Fokus darauf, die Kontextdimension der *Unterbrechbarkeit* automatisiert zu erkennen. Um ein Modell für ein nutzerspezifisches Unterbrechbarkeitskonzept zu erstellen, werden demnach Merkmale benötigt, die den vorherrschenden Kontext des Nutzers beschreiben.

Zur automatisierten Erkennung des Kontexts einer Person können diese Merkmale durch Hardware-sensoren, durch spezielle Softwareschnittstellen, aber auch durch direkte Befragung des Nutzers erfasst und operationalisiert werden. Systeme zur Merkmalerfassung können somit komplexe Informations-verarbeitende Systeme umfassen, beispielsweise Bilderverarbeitungssysteme zur Personenzählung oder Systeme zur textunabhängigen Sprechererkennung. Generell wird im Schritt der Operationalisierung eine *Instanz* gebildet, indem den Merkmalen ein gültiger *Wert* bzw. eine gültige *Ausprägung* zugewiesen wird. Alle Merkmale, die zu einem gegebenen Zeitpunkt automatisiert erfasst werden können, bilden eine *Instanz*. Ordnet der Nutzer diesem Datensatz manuell sein gewünschtes Unterbrechbarkeitsniveau zu (*Klassifikation*) ergibt sich aus der Kombination aus einer Instanz und dem gegebenen *Feedback* (*Klasse*, *Label*) eine *Trainingsinstanz*. Eine Menge von Trainingsinstanzen (*Datensatz*) kann in einem weiteren Schritt dazu verwendet werden, ein Modell des Unterbrechbarkeitskonzepts zu erstellen.

2.1.3 Maschinelles Lernen

Ist ein umfassender Satz von Trainingsinstanzen vorhanden, kann mit speziellen Algorithmen des *Maschinellen Lernens* untersucht werden, inwiefern sich mögliche *Muster* (*patterns*) in den Daten finden lassen. Das Maschinelle Lernen ist ein Teilgebiet der *Künstlichen Intelligenz* und beschreibt computergestützte Verfahren, die nach vorhandenen Gesetzmäßigkeiten und zusammenhängenden Strukturen innerhalb von Datensätzen suchen.

Beim *überwachten Lernen* wird angestrebt, den Zusammenhang zwischen einem Satz von Eingangsmerkmalen in Form eines Merkmalsvektors und einem einzelnen Zielmerkmal zu lernen. Ist das Zielmerkmal nominal skaliert, können so genannte *Klassifikationsverfahren* verwendet werden, welche den

Eingangsvektor in eine der zugehörigen Klassen der Nominalkategorien einordnen. Im Kontext dieser Arbeit kann beispielsweise das aktuelle Unterbrechbarkeitsniveau eines Instant-Messaging-Nutzers mit den Ausprägungen *verfügbar* oder *beschäftigt* anhand von Merkmalen aus der Umgebung des PC-Arbeitsplatzes klassifiziert werden.

Wird das Zielmerkmal durch einen numerischen Wert beschrieben, können *Multivariate Analysemethoden* verwendet werden, um beispielsweise mit Hilfe der multivariaten *Regressionsanalyse* den Wert des Zielmerkmals zu bestimmen. Auf diesem Wege kann im Beispiel der Instant-Messaging-Anwendung nicht nur das Unterbrechbarkeitsniveau klassifiziert, sondern auch die Unterbrechungskosten z. B. durch einen numerischen Geldwert operationalisiert werden. Ziel des Verfahrens wäre es daher, auf Basis eines Merkmalsvektors einen Geldwert zu schätzen, den der Nutzer als Kosten für seine Unterbrechung angeben würde.

Naive Bayes

Ein bewährter Klassifizierer für verschiedene Probleme des Maschinellen Lernens stellt der *Naive-Bayes-Algorithmus* dar. Basierend auf dem Bayes-Theorem (Gleichung 2.1) wird die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit $P(C|x)$ ermittelt, also die Wahrscheinlichkeit, sich beim gegebenen Wert des Merkmals x zugunsten der Klasse C zu entscheiden.

$$P(C|x) = \frac{P(x|C) \cdot P(C)}{P(x)} \quad (2.1)$$

Bei der Berechnung der Klassenwahrscheinlichkeit geht der Naive-Bayes-Ansatz von der vereinfachten Annahme aus, dass alle Eingangsmerkmale x_1, \dots, x_n voneinander unabhängig sind, so dass ihre Wahrscheinlichkeiten multipliziert werden können.

Tritt eine Abhängigkeit der Aussagen zwischen den Merkmalen auf, so kann der Naive-Bayes-Ansatz diese jedoch nicht berücksichtigen. Die Anzahl der Tastaturanschläge kann beispielsweise eine unterschiedliche Aussage haben, je nachdem, welches Programm gerade im Vordergrund verwendet wird. Benutzt die Person gerade eine Textverarbeitung, so deutet dies möglicherweise auf eine erhöhte Konzentration hin. Hat die Person gerade ein Chat-Fenster geöffnet, so ist die Aussage der Tastaturanschläge umgekehrt und deutet eher auf eine geringe Konzentrationsspanne hin.

Entscheidungsbäume

Haben Merkmale statistische Abhängigkeiten voneinander, eignen sich beispielsweise Verfahren wie die *Entscheidungsbäume* (decision trees), die die Reihenfolge der Verwendung der Merkmale auf Basis des jeweiligen *Informationsgewinns* entscheiden. Zur Bestimmung des Informationsgewinns eines Merkmals wird bei der Klassifikation beispielsweise das so genannte *Information Gain* verwendet [Mit97], das sich aus dem Entropiemaß ableitet. Das aus der Informationstheorie entstandene Maß der Entropie (Gleichung 2.2) beschreibt den mittleren statistischen Informationsgehalt eines Zeichens aus einer Datenquelle.

Bei den Entscheidungsbäumen wird die Struktur des Baumes festgelegt, indem angefangen vom Wurzelknoten, also vom Merkmal mit dem höchsten Informationsgehalt, die Trainingsdaten so lange in disjunkte Teilmengen aufgespalten werden, bis eine Teilmenge nur noch Instanzen einer einzelnen Klasse enthält oder die Reduktion der Entropie der Daten durch die Aufspaltung unter einen gewissen Betrag fällt. Die Knoten des Baumes beschreiben die Merkmale bzw. Regeln, anhand derer die Mengen aufgespalten wurden. Beim Klassifikationsschritt wird die Entscheidung an den Verzweigungen des Baumes anhand des Wertes des gültigen Merkmals aus dem Eingangsvektor getroffen. Wird das Ende des Baumes erreicht wird die Klasse des Zielmerkmals durch den Wert in dem jeweiligen Blatt festgelegt.

Prinzipiell sind in einem Datensatz daher Merkmale erwünscht, die innerhalb einer Klasse des Zielmerkmals eine geringe, im Vergleich zwischen den Klassen aber eine hohe Variation aufweisen. Betracht-

tet man zum besseren Verständnis ein einzelnes Merkmal im Eingangsvektor des Klassifikationsprozesses, ist der Informationsgehalt eines Merkmals davon abhängig, (a) wie viele verschiedene Ausprägungen es annehmen kann und (b) wie wahrscheinlich diese Ausprägungen verteilt sind. Um beispielsweise ein Merkmal zu beschreiben, dass $1/p_i$ verschiedene Werte annehmen kann, benötigt man im Mittel $\log_2(1/p_i) = -\log_2 p_i$ Bits zu dessen Darstellung. Um mit Hilfe des Erwartungswerts den mittleren statistischen Informationsgehalt des gesamten Merkmals zu erhalten, wird wie in Gleichung 2.2 zu sehen der Informationsgehalt des Symbols mit der Auftretenswahrscheinlichkeit p_i multipliziert und für alle Realisationen aufaddiert.

$$H(S) = - \sum_{i=1}^c p_i \log_2 p_i \quad (2.2)$$

Tritt ein Merkmal im Eingangsvektor eines Datensatzes beispielsweise lediglich mit einer einzigen Ausprägung auf, so besitzt es nur eine geringe Entropie und kann nicht dazu beitragen, zwischen den unterschiedlichen Klassen des Zielmerkmals zu differenzieren. Bezieht man sich auf einen ganzen Trainingsdatensatz sind daher die Eingangsmerkmale von hoher Bedeutung, die einen hohen Entropieanteil an der Gesamtentropie beitragen. Dieser Anteil eines Merkmals A wird wie in Gleichung 2.3 dargestellt durch das Information Gain ermittelt.

$$\text{Gain}(S, A) \equiv H(S) - \sum_{v \in \text{Values}(A)} \frac{|S_v|}{|S|} H(S_v) \quad (2.3)$$

Von der Entropie des Datensatzes $H(S)$ wird für alle Ausprägungen von v des Merkmals A die Entropie berechnet ($H(S_v)$) und gewichtet nach dem Aufkommen im Datensatz ($\frac{|S_v|}{|S|}$) abgezogen. Mit dem Maß des Information Gains lässt sich somit darstellen, welchen Anteil ein gegebenes Merkmal am Klassifikationsprozess hat. Anhand dieser Informationen kann der Eingangsvektor um weniger relevante Merkmale reduziert werden (*Merkmalsselektion*), um die Modell- bzw. Datengrößen zu minimieren.

Support-Vektor-Maschinen

Statt den hochdimensionalen Raum der Trainingsinstanzen zum Zeitpunkt der Auswertung zu durchsuchen, bauen Support-Vektor-Maschinen ein Modell auf, welches diesen Raum aufteilt. Ähnlich wie bei dem Aufbau eines Entscheidungsbaumes hat die Aufteilung des Raumes zum Ziel, Instanzen, welche zu einer bestimmten Klasse gehören, durch die Aufteilung des Raumes von anderen Instanzen zu trennen. Der Raum wird durch Hyperebenen (Unterräume, deren Dimension um eine geringer ist als die des Raums) aufgeteilt. Einzelne Instanzen (die in diesem Zusammenhang als Support-Vektoren bezeichnet werden), welche einen minimalen Abstand zur Hyperebene aufweisen, dienen hierbei zur Beschreibung der Hyperebenen. Hochdimensionale Räume sind jedoch nicht immer durch Hyperebenen trennbar. Daher ist es nötig, den Raum so zu verändern, dass eine lineare Trennung möglich wird. In dieser Arbeit wird hierzu (als so genannte Kernel-Funktion) das Verfahren der Sequential Minimal Optimization (SMO) genutzt. In den später folgenden Abbildungen dieser Arbeit wird die Bezeichnung SMO für die Support-Vektor-Maschine benutzt.

Naive-Bayes-Trees

Der hybride Ansatz der *Naive-Bayes-Trees* basiert auf einem baumbasierten Verfahren. Hierbei wird der Trainingsdatensatz anhand eines Kriteriums, wie dem Informationsgewinn, bis zu einer Schwellwertgrenze, so lange rekursiv in disjunkte Teilmengen aufgesplittet, bis an den Blattknoten die Zuordnung zu einer Klasse getroffen werden kann [Koh96]. Durch den Einsatz eines Naives-Bayes-Klassifikators an den Blattknoten ermöglicht das Naive-Bayes-Tree-Verfahren, die inherenten Vorteile des Naive-Bayes-Ansatz, wie beispielsweise das Einbeziehen mehrerer Merkmale im Klassifikationsschritt, in das baumbasierte Verfahren zu integrieren. An welchem Schritt das rekursive Baumverfahren durch Verwendung eines

Naive-Bayes-Klassifikators abgebrochen wird, entscheidet sich anhand einer vergleichenden Kreuzvalidierung der beiden Verfahren im Rekursionsschritt.

IB1

Das Nearest-Neighbor-Verfahren IB1 bestimmt die Distanz zwischen der Klassifikationsinstanz und allen *Trainingsinstanzen*. Eine Distanz wird dabei über alle *Merkmale* hinweg berechnet. Das Ergebnis ist die Klassenzuordnung derjenigen Trainingsinstanz, welche der Testinstanz am nächsten ist.

Nearest-Neighbor-Generalized

Nearest-Neighbor-Generalized (NNGe) baut für jede *Klasse* eine Menge von Regeln auf. Hierzu werden naheliegende Nachbarn vereint, indem Eigenschaften, welche diese Nachbarn gemeinsam haben, in Form von Regeln generalisiert werden. Diese Regeln beschreiben die Zusammenhänge zwischen den Klassen und den relevanten Merkmalen.

Merkmalsvorverarbeitung

Neben der Merkmalsselektion ist während der Aufbereitung der selektierten Daten die Merkmalsvorverarbeitung (*Preprocessing*) ein wichtiges Verfahren aus dem Bereich des Information Retrieval (Informationswiedergewinnung), um die spätere Klassifikationsgüte zu erhöhen. Wird beispielsweise eine Klassifikation auf Textkörpern durchgeführt, können zum Bestimmen des Wortstamms von morphologisch ähnlichen Wörtern so genannte *Stemming*-Verfahren eingesetzt werden. Jedes Wort eines Textes kann beispielsweise im Eingangsvektor durch ein separates Merkmal beschrieben werden, dessen Ausprägung die Häufigkeit des Wortes darstellt. Mit dieser Darstellung können jedoch semantische Ähnlichkeiten von Texten unter Umständen nicht direkt erkannt werden. Mit Hilfe des Stemming-Verfahrens können zum Beispiel die semantisch ähnlichen Wörter „informiert“ und „informiere“ auf den Wortstamm „inform“ zurückgeführt werden und somit beim Aufbau des Klassifizierers durch ein einziges Merkmal repräsentiert werden. Da das Stemming-Verfahren abhängig von der unterliegenden Sprache ist, muss dieses bei Mehrsprachigkeit in einem vorherigen Schritt bestimmt werden, um den passenden Stemming-Algorithmus zu verwenden. Wörter, die keine grammatikalische wie syntaktische Bedeutung aufweisen, haben daher meist keine Relevanz für die Mustererkennung. Der Informationsgehalt der deutschen Artikel *der*, *die*, *das* beispielsweise vernachlässigbar gering. Solche *Stoppwörter* können daher im Dokument anhand eines Wörterbuchs eliminiert werden. Eine weitere Möglichkeit, irrelevante Wortmerkmale für die Klassifikation abzuschwächen, ist die Gewichtung durch das $TF \times IDF$ -Maß (term frequency (TF), inverse document frequency (IDF)). Die Termfrequenz TF sagt dabei aus, wie hoch jedes Wort aufgrund seiner Vorkommenshäufigkeit (Gleichung 2.4) im Dokument gewichtet wird.

$$TF_{ij} = \frac{\text{Häufigkeit Wort } i \text{ in Dokument } j}{\text{Gesamtanzahl Wörter in Dokument } j} \quad (2.4)$$

Dadurch erhielten jedoch Bindewörter, wie z.B. *und* und *oder*, ein hohes Gewicht, obwohl sie irrelevant für den Kontext des Dokumentes sind. Um dies zu verhindern, korrigiert der IDF-Faktor (Gleichung 2.5), dass die häufig in einem Dokument vorkommenden Wörter nur dann eine hohe Gewichtung erhalten, wenn sie nur selten in den übrigen Dokumenten enthalten sind. Treten bestimmte Wörter und Terme auch in anderen analysierten Dokumenten häufig auf, wird die Gewichtung durch den IDF-Faktor reduziert.

$$IDF_i = \log \frac{\text{Anzahl Dokumente}}{\text{Anzahl Dokumente, die Wort } i \text{ enthalten}} \quad (2.5)$$

	Klassifiziert als Positiv	Klassifiziert als Negativ	
Tatsächlich Positiv	Richtig Positiv (TP)	Falsch Negativ (FN)	TP + FN
Tatsächlich Negativ	Falsch Positiv (FP)	Richtig Negativ (TN)	FP + TN
	TP + FP	FN + TN	TP + FP + FN + TN

Tabelle 2.1: Beispiel einer Konfusionsmatrix mit den zwei Klassen Positiv und Negativ

Bewertung von Modellen

Die Güte eines erstellten Klassifizierers kann daran getestet werden, wie gut er ungesehene Beispieldaten, die nicht aus dem Trainingsdatensatz stammen, klassifizieren kann. Die korrekte Klassifikation eines solchen Beispiels ist damit ein Zeichen dafür, wie gut das Modell von den vorliegenden Trainingsbeispielen abstrahieren und die erkannten Muster und Gesetzmäßigkeiten *generalisieren* kann. Passt sich das erstellte Modell in der Lernphase zu sehr an die Trainingsdaten an, tritt eine so genannte *Überanpassung* (overfitting) auf, die sich negativ auf die Klassifikationsgüte auswirkt. Die Herausforderung beim Erstellen eines Modells ist es daher, die Merkmalsverteilung so zu modellieren, dass auf der einen Seite eine gute Generalisierung ermöglicht wird, auf der anderen Seite aber der Bezug zu den Trainingsdaten aufrechterhalten bleibt.

Da im Allgemeinen das Erstellen von Trainingsdatensätzen durch das manuelle Klassifizieren sehr aufwändig ist, stehen oft nicht ausreichend Daten zur Verfügung, um auf einem Teil der Daten zu lernen und die Güte auf dem verbleibenden Satz zu testen. Als Standardmethode zur Bestimmung der Modellgüte hat sich die stratifizierte *10-fache Kreuzvalidierung* (crossvalidation) bewährt. In diesem Verfahren wird die Datenmenge in etwa zehn gleichgroße Teilmengen so aufgeteilt, dass die Verteilung der Zielklasse in jeder Teilmenge der Verteilung im gesamten Datensatz gleicht (Stratifizierung). Im Anschluss werden neun Anteile zum Lernen verwendet und danach die Güte des Modells durch Anwendung auf den zehnten Anteil überprüft. Durch Variation der Anteile und spätere Mittelwertbildung kann somit die Gesamtfehlerrate des Klassifizierers ermittelt werden. Die Güte eines Klassifikationsverfahrens kann anhand der Konfusionsmatrix (Tabelle 2.1) dargestellt werden. Die Häufigkeiten der richtig klassifizierten Beispiele werden auf der Hauptdiagonalen (TP und TN) angegeben, während die verbleibenden Einträge die Fehlklassifikationen darstellen. Bei einer bipolaren Entscheidung setzt sich die Fehlklassifikation sowohl aus den *Falsch Positiven* (FP) Beispielen, die positiv klassifiziert wurden, im Trainingsdatensatz jedoch negativ Werte hatten, als auch aus den *Falsch Negativen* (FN) Beispielen, die als negative klassifiziert wurden, im Trainingsdatensatz aber positiv sind, zusammen.

Die *Korrektklassifikationsrate* (accuracy) (Gleichung 2.6) gibt an, wie viele Beispiele in die richtige zugrundeliegende Klasse eingeordnet wurden und bildet sich somit aus dem Verhältnis aus richtig klassifizierten Beispielen zu der Gesamtzahl aller Beispiele.

$$\text{Korrektklassifikationsrate} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2.6)$$

2.2 Unterbrechungskosten

Wenn der Input eines Systems dessen Bearbeitungskapazität überschreitet, kommt es laut Milford und Perry [MP77] zu einer Informationsüberlastung. Kahnemann [Kah73] definiert in seiner selektiven Aufmerksamkeitstheorie Aufmerksamkeit als einen Prozess der Zuwendung zu einer Aufgabe oder Aktivität. Der selektive Aspekt dieses Prozesses beinhaltet, dass auch immer Alternativaktivitäten existieren, zu denen gewechselt werden kann. Hierdurch beinhaltet die Theorie implizit, dass durch eine Fokussierung bestimmte Reize bevorzugt wahrgenommen werden. Nach Kahnemann kann neben der Fokussierung auf eine einzelne Aufgabe die Aufmerksamkeit auch auf verschiedene Aktivitäten aufgeteilt werden, wodurch sich das jeweilige Aufmerksamkeitsniveau entsprechend verringert. Aufmerksamkeit stellt somit eine limitierte kognitive Ressource dar, mit deren Hilfe geistige Tätigkeiten verrichtet werden können. Obgleich die Ressource in ihrem absoluten Maß begrenzt erscheint, kann durch eine höhere Anstrengung, z. B. aufgrund von Motivation, eine Erhöhung der Aufmerksamkeit erreicht werden.

Neben den motivationalen Komponenten wird der Umfang der Aufmerksamkeit aber vor allem durch das *Erregungsniveau* bzw. den Grad der Aktivierung des sympathischen Nervensystems bestimmt. Der Zusammenhang zwischen Erregung und der durch Aufmerksamkeit erzielten Leistung wird bereits 1908 durch das Yerkes-Dodson-Gesetz beschrieben [YJ08]. Das Gesetz ist grafisch in Abbildung 2.3 dargestellt und beinhaltet neben den beiden Dimensionen *Erregung* und *Effektivität* das Komplexitätslevel der durchzuführenden Aufgaben. Die Darstellung zeigt, dass bei minderkomplexen Aufgaben das Leistungsniveau mit steigender Erregung bis zu einem Sättigungspunkt gesteigert werden kann. Für komplexe Aufgaben zeigt die umgekehrte U-förmige Erregungsfunktion, dass das Produktivitätsmaximum bei einem mittleren Erregungsniveau erreicht wird. Hieraus ist ersichtlich, dass die Auswirkungen einer Unterbrechung während der Durchführung einer kognitiv anspruchsvollen Aufgabe bei geringer Erregung förderlich, bei mittlerer bis hoher Erregung jedoch hinderlich für das Produktivitätsniveau sein kann.

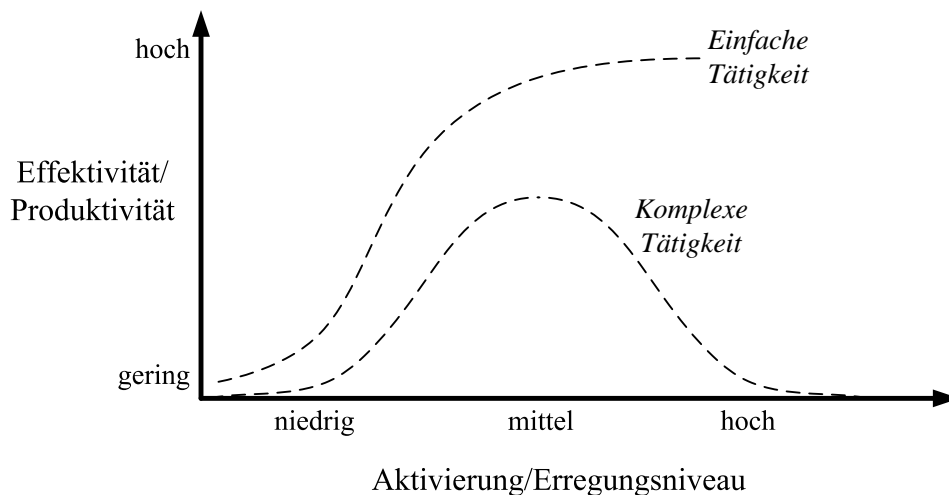


Abbildung 2.3: Das Yerkes-Dodson-Gesetz [DCP⁺07]

Sanders und Baron [SB75] stellen basierend auf dem Yerkes-Dodson-Gesetz eine erste Version ihrer Ablenkungs-Konflikttheorie (distraction-conflict theory) vor. In dieser wird beschrieben, dass das Auftauchen eines *Distraktors* (unterbrechendes Element), ob sozialer oder technischer Natur, die Aufmerksamkeit auf sich zieht und somit von der Primäraufgabe ablenkt. Dadurch geht Verarbeitungskapazität der Primäraktivität verloren. Weiter entsteht ein Konflikt des Betroffenen, sich einerseits weiter der Primäraufgabe und andererseits der Ablenkung zuzuwenden. Als Beispiel soll ein Manager in einer Meeting-Situation dienen: Zu dem Zeitpunkt, in dem sein Mobiltelefon vibriert und eine eingegangene Kurznachricht ankündigt, wird seine Aufmerksamkeit bereits von seiner Primäraufgabe, dem Meeting,

abgelenkt. Auch wenn er sich nicht direkt der Nachricht zuwendet und entscheidet, diese später zu lesen, geht durch die Ablenkung und durch den kurzen Entscheidungskonflikt Verarbeitungskapazität für das laufende Meeting verloren. Wendet er sich der Unterbrechung zu, werden weitere Verarbeitungskapazitäten von der Primäraufgabe *Meeting* abgezogen. Wird die eingehende Nachricht ignoriert, kann dies jedoch seine Kapazität weiterhin beeinträchtigen, da der Manager nun im Hinterkopf hat, dass er nicht vergessen sollte, die Kurznachricht nach Beendigung des Meetings zu lesen.

Unter anderem führt dieser innere Konflikt aufgrund der trieberhöhenden Wirkung zu einem höheren Erregungsniveau, welches die verringerte Aufmerksamkeit auf die Primäraufgabe durch eine Fokussierung der Aufmerksamkeit kompensieren soll. Das bedeutet, dass sich der Manager nur auf den wesentlichen Teil der zu verarbeitenden Informationen konzentriert und somit irrelevante aber auch relevante Inhalte vernachlässigt werden können. Gemäß dem Yerkes-Dodson-Gesetz wird somit bei einfachen Aufgaben die Produktivität nicht beeinträchtigt, sondern eventuell sogar verbessert. Die resultierende oberflächliche Verarbeitung begünstigt bei schwierigen Aufgaben jedoch eine Erhöhung der Fehlerrate [SVV03].

In einer späteren Version der Ablenkungs-Konflikttheorie argumentiert Baron [Bar86], dass bereits die reine Erwartungshaltung, unterbrochen werden zu können, negative Gefühle wie Stress auslösen kann und dies wiederum die Produktivität durch Kompensationsverhalten beeinflusst.

Kahnemann beschreibt weiter, dass Aufmerksamkeit auch unfreiwillig und reflexartig auf einen eintretenden Reiz gerichtet werden kann. Diesen Vorgang beschreibt er als *Orientierungsreaktion*, wobei die Intensität der Reaktion unter anderem von der Neuartigkeit des Reizes bzw. der Wichtigkeit der aufgenommenen Information abhängig ist. Bei unbekannten, neuen Reizen werden daher mehr kognitive Ressourcen beansprucht, um durch die Verarbeitung auf die Wichtigkeit der dargebotenen Information zu schließen. Bei wiederholter Darbietung eines unbedeutenden Reizes tritt eine Habituation ein und die zuvor gezeigte Orientierungsreaktion wird bis zum generellen Ausbleiben abgeschwächt.

Wie stark die Ressource *Aufmerksamkeit* durch die Orientierungsreaktion beeinträchtigt wird, steht somit in Zusammenhang mit der Neuartigkeit des Reizes und der individuellen Relevanz. Die Relevanz muss daher kontinuierlich evaluiert werden, da auch ein habituerter Reiz einen wichtigen Hinweis enthalten kann. Kahnemann betrachtet weiter, dass der Grad der Beeinträchtigung zusätzlich davon abhängt, welche kognitiven Strukturen beim Wahrnehmen des Reizes beansprucht werden und inwieweit diese sich mit den verwendeten Strukturen für die Primäraufgabe überschneiden. Werden die gleichen kognitiven Strukturen verwendet (z.B. zwei visuelle Reize), spricht Kahnemann von einer *Strukturbeeinträchtigung*. Adressieren die Reize unterschiedliche Strukturen, z.B. die Darbietung eines akustischen und eines visuellen Reizes, liegt eine *Kapazitätsbeeinträchtigung* vor. Experimentelle Untersuchungen zeigen, dass die strukturelle Beeinträchtigung (Reiz beeinflusst gleiche kognitive Struktur) generell eine höhere Minderung des Leistungsniveaus zur Folge hat. Beispielsweise zeigen Allport et al. [AAR72], dass sich bei Teilung der Aufmerksamkeit bei gleichzeitiger Bearbeitung einer auditiven und visuellen Aufgabe die Leistung im Vergleich zur Einzelbearbeitung nicht signifikant verschlechtert. Hinsichtlich der Klassifikation der verwendeten kognitiven Strukturen für die Primäraufgabe und der Strukturen, auf die der zusätzliche Reiz einwirkt, kann auch der Begriff der *Modalität* zur Differenzierung verwendet werden.

Betrachtet man die vorgestellten Theorien im Kontext spontaner Arbeitsunterbrechungen, lässt sich festhalten, dass Aufmerksamkeit eine kognitive Ressource darstellt, die in einem Zuwendungsprozess einer oder mehreren Aufgaben zugeteilt werden kann. Das Niveau dieser Ressource ist dynamisch und korreliert positiv mit dem Grad an Motivation und dem vorherrschenden Erregungsniveau. Das Erregungsniveau beeinflusst hierbei in Abhängigkeit der Aufgabenschwierigkeit die durch Aufmerksamkeit ermöglichte Produktivität. Wie stark die Aufmerksamkeit durch eine Unterbrechung beeinträchtigt wird, ist unter anderem abhängig von der Wichtigkeit der dargestellten Information sowie der Neuartigkeit und Modalität des Reizes.

Erinnerung an unerledigte Aufgaben

Bei einer spontan auftretenden Unterbrechung wechselt der Empfänger seine Aufmerksamkeit von der Primäraufgabe zur Störungsaufgabe. Das Phänomen, dass die unterbrochene und damit unerledigte Handlung teilweise besser erinnert wird als eine abgeschlossene Aufgabe, wurde erstmals von Bljuma Wulfowna Seigarnik untersucht und folglich *Zeigarnik-Effekt* genannt. Obwohl empirische Untersuchungen unterschiedliche Ergebnisse zu diesem Phänomen ergeben (siehe [ZRLK99]), wird mit Hilfe dieser Theorie erklärt, warum bei der unterbrochenen Person ein unangenehmes Gefühl von *Restspannungen* erzeugt wird, was auf eine nicht eingetretene *Wunscherfüllung* zurückzuführen ist. Dies erklärt, warum manche Personen trotz der vorliegenden Unterbrechung bis zu einem gewissen Zeitpunkt weiterarbeiten, bevor sie sich der Unterbrechung zuwenden.

Handlungsregulationstheorie

Die Handlungsregulationstheorie von Hacker [Hac78] beschreibt wie eine Person eine Aufgabe ausführt, wobei diese Ausführung als zielorientierte Aktivität betrachtet wird. Jede Handlung wird bei ihrer Ausführung kognitiv kontrolliert [ZRLK99], was zuvor das Erstellen einer Strategie benötigt. Die vorherrschende Strategie wird in Abhängigkeit des momentanen Zustandes der Person, ihrer individuellen Ziele, ihrer Motivation und der externen Umwelteinflüsse gewählt. Kognitive Schemata aus dem Langzeitgedächtnis bilden dann einen Handlungsplan, um die Strategie zu realisieren. Das Ausführen einer Arbeitsaufgabe ist demnach die zielorientierte Aktivität, welcher, wie bei Kahnemans Kapazitätstheorie, eine begrenzte kognitive Bearbeitungskapazität zur Verfügung steht. Eine Unterbrechung verursacht somit eine Veränderung des bestehenden Handlungsplans und dessen Strategien. Durch die höhere kognitive Bearbeitungslastung (weil nun die Ressourcen nicht nur für die Ausführung, sondern auch für die Regulation der Ausführung benötigt werden) entsteht eine Kapazitätsbeeinträchtigung. Ist eine Teilhandlung ausgeführt, kann sie aus dem Gedächtnis entfernt werden. Punkte, an denen kognitive Ressourcen freigegeben werden und diese noch nicht wieder durch neue Handlungsschemata belegt werden, definiert Bailly et al. [BK06b] als *Unterbrechungspunkte (breakpoints)*, da an diesen Punkten eine Unterbrechung eine geringere Kapazitätsbeeinträchtigung verursacht.

Volition und Handlungskontrollstrategien

Volition beschreibt als Oberbegriff eine Menge an selbstregulatorischen Mechanismen und Strategien zur Kontrolle des eigenen Handels. Mit Hilfe dieser Kontrollmechanismen können anvisierte Ziele trotz konkurrierender Einflüsse und wechselnder Motivationstendenzen umgesetzt werden. Im Gegensatz zu einem durch Bedürfnisse angeregten Verhalten werden volitionale Strategien dafür benötigt, Willenshandlungen aufrechtzuerhalten, die zur Erreichung von mental repräsentierten Zielzuständen benötigt werden. Das Ziel, einen Jahresabschlussbericht erfolgreich verfasst zu haben, kann beispielsweise einen solchen komplexen Zielzustand darstellen. Die Verhaltensweisen, die benötigt werden, um den anvisierten Zielzustand zu erreichen, werden als Willenshandlungen bezeichnet. Grundvoraussetzung für eine Willenshandlung ist die Fähigkeit, sich (a) die angestrebten Effekte der eigenen Handlungen vorstellen und (b) zukünftige Bedürfnisse antizipieren zu können. Im ungünstigsten Fall können die notwendigen Willenshandlungen auch im Gegensatz zur aktuell vorherrschenden Bedürfnislage stehen und diese bei Ausführung der notwendigen Handlungen sogar verschlechtern. Ebenso können sich starke unpassende Gewohnheiten gegen die Absichten stellen, den Zielzustand zu erreichen. Die metakognitiven Strategien, die durch den Begriff der Volition umfasst werden, zielen also darauf ab, konkurrierende Motivationstendenzen und unpassende Reaktionen zu unterdrücken, um die gefassten Absichten in die Realität umzusetzen. Kuhl [Kuh83, KG94] beschreibt in seiner Theorie zur Handlungskontrolle fünf Strategien, um sich gegen konkurrierende Motivationstendenzen abzuschirmen. Hierzu zählen die:

1. *Umweltkontrolle*: Aktive Beeinflussung der Umwelt, um die Auftretenswahrscheinlichkeit von Situationen zu minimieren, die mit den gefassten Absichten in Konflikt stehen.

2. *Aufmerksamkeitskontrolle*: Fokussierung der Aufmerksamkeit auf Informationen, die förderlich für die Realisierung der Absicht sind und Ausblendung bzw. Unterdrückung von Informationen und Reizen, die der Zielerreichung nicht dienlich sind.
3. *Enkodierungskontrolle*: Enkodierung bzw. Hervorheben von Merkmalen derjenigen Reize, die als relevant für die Realisierung der Absicht eingestuft werden.
4. *Motivationskontrolle*: Aufwertung von Anreizen, die im Hinblick auf die gefasste Absicht förderlich sind bzw. Abwerten konkurrierender Anreize.
5. *Emotionskontrolle*: Hineinversetzen in Emotionszustände, die für die Realisierung der Absicht förderlich sind.

Betrachtet man die vorgestellten Strategien, lassen sich die in Kapitel 1 dargestellten Verhaltensweisen von Wissensarbeitern genauer klassifizieren. Das Verlegen des Arbeitsplatzes an einen ruhigeren Ort kann somit den Strategien der *Umweltkontrolle* sowie der *Aufmerksamkeitskontrolle* zugeordnet werden. Ein Beispiel für die *Enkodierungskontrolle* ist das Erstellen von Kontaktgruppen zur Steuerung der E-Mail- oder Telefonweiterleitung. Mitarbeiter, die potentiell Informationen zur Förderung der eigenen Absichten beitragen können, erhalten durch diesen Priorisierungsmechanismus die Möglichkeit, auch in ungelegenen Arbeitsphasen zu unterbrechen, da ihrer Kontaktaufnahme ein höherer potentieller Nutzen zugeschrieben wird.

Bei den dargestellten volitionalen Strategien ist ersichtlich, dass das Hauptaugenmerk darauf liegt, vorgenommene Absichten gegen hinderliche Einflüsse und Versuchungen abzuschirmen. Wie Goschke [Gos02] beschreibt, wird bei der Handlungssteuerung jedoch eine *dynamische Regulation der Kontrollprozesse* benötigt. D.h., für eine sich an die Umwelt anpassende, adaptive Handlungssteuerung ist es nicht minder wichtig, gefasste Ziele auch wieder aufgeben zu können bzw. flexibel zwischen verschiedenen Zielen wechseln zu können. Hinsichtlich dieser Anforderung befindet sich der selbstregulierende Mensch in einem *Persistenz-Flexibilitäts-Dilemma* [Gos02]. Auf der einen Seite müssen die mit dem Zielzustand konkurrierenden Handlungstendenzen abgeschirmt werden, auf der anderen Seite muss eine hinreichende Flexibilität aufrechterhalten bleiben, um nicht durch eine fehlende Zieladaption benachteiligt oder sogar geschädigt zu werden. Hieraus leitet Goschke weiter das *Abschirmungs-Überwachungs-Dilemma* ab. Dieses beschreibt, dass für ein zielgerichtetes Verhalten, das relevant für die Realisierung der aktuellen Absicht ist, auf der einen Seite eine selektive Informationsverarbeitung benötigt wird, um störende Informationen auszublenden; auf der anderen Seite müssen potentiell bedeutsame Reize überwacht werden, selbst wenn diese nicht für die aktuelle Absichtsrealisierung förderlich sind. Goschke motiviert das Dilemma zwar auf der reinen Reizebene am Beispiel des beiläufigen Wahrnehmens von Brandgeruch und der daraus ersichtlichen Notwendigkeit für das direkte Überleben, es kann aber auch auf die Informationsaustauschbeziehung beim Unterbrechungsmanagement des Wissensarbeiters übertragen werden.

Das zeitnahe Wahrnehmen und Verarbeiten von Informationen, die nicht im direkten Aufgabenkontext stehen, wird die eigene Produktivität aufgrund der entstehenden Unterbrechungskosten senken. Somit wird der eigene direkt messbare Beitrag zur Unternehmensproduktivität reduziert. Diese Reduzierung kann jedoch überkompensiert werden, wenn die mit diesem Verhalten ermöglichte Adaptivität und Flexibilität einen hinreichend hohen Nutzen stiftet. Auf der Ebene der Handlungssteuerung schlägt Goschke vor, das Dilemma als ein Optimierungsproblem aufzufassen, um eine dynamische, kontextabhängige Balance zwischen den konkurrierenden Anforderungen zu finden [Gos02, Seite 321]. In den folgenden Abschnitten wird das Unterbrechungsmanagement bei Wissensarbeit in einem vergleichbaren Optimierungsansatz diskutiert und auf verwandte Arbeiten zur Modellierung der Zielfunktion eingegangen.

2.2.1 Unterbrechungskosten auf individueller und Unternehmensebene

Kosten beim synchronen Kommunikationsaufbau

Der überwiegende Teil von Forschungsarbeiten zum synchronen Kommunikationsaufbau geht von der Grundannahme aus, dass in 80% der Unterbrechungen der Sender eine Steigerung seiner Arbeitspro-

duktivität erzielt, wenn er den Empfänger kontaktiert und mit ihm kommunizieren kann [OF95, KA96]. Es kann also generell von einer Asymmetrie der Unterbrechungskosten ausgegangen werden. Im Falle eines erfolgreichen Kommunikationsaufbaus gewinnt der Sender die Aufmerksamkeit des Empfängers, der neben der Zeit für die Unterbrechungsaufgabe auch Zeit für seine Wiedereinarbeitung aufwenden muss. Kommt eine Kommunikation nicht zustande, weil der Empfänger beispielsweise die Anfrage abgelehnt hat, kann trotzdem davon ausgegangen werden, dass durch die kurze Unterbrechung gewisse Kosten in Form von Ablenkung entstanden sind, wie in Abschnitt 2.2 im Rahmen der Ablenkungs-Konflikttheorie diskutiert wurde.

Kosten bei asynchroner Nachrichtenübermittlung

Bei den externen Unterbrechungen der asynchronen Nachrichtenübermittlung wird der Nutzer von einer computer- oder personengenerierten Unterbrechung, z.B. einer SMS, unterbrochen. Es ergibt sich hier eine Gegenüberstellung des individuellen Nutzens der Information und der Kosten durch die Unterbrechung, also der Frage, wie dringlich diese Nachricht für den gegebenen Arbeitskontext ist und wie viele Kosten dem Nutzer entstehen, wenn die Nachricht erst zu einem späteren Zeitpunkt dargestellt wird. Problematisch ist die Klassifikation von Unterbrechungen durch automatische Erinnerungsfunktionen, beispielsweise aus einem Online-Kalender. Obgleich die Unterbrechung als externe Unterbrechung angesehen werden kann, kann sie auch der geplanten, internen Unterbrechung zugeordnet werden.

Bilaterale Unterbrechungskosten

Für eine Unterbrechung zur synchronen Kommunikation bestehen die Kosten im Wesentlichen aus der Zeit für die Hinwendung zu und Abarbeitung der Unterbrechungsaufgabe sowie der zusätzlichen Zeit für die Wiedereinarbeitung.

Bei Unterbrechungen zur asynchronen Nachrichtenübermittlung lassen sich die Kosten nur schwer ermitteln. Je nach Unterbrechung kann der kurze Wechsel es eventuell erschweren, auf dem Produktivitätslevel, das vor der Unterbrechung erreicht wurde, weiterzuarbeiten, da durch die Unterbrechung ausgelöste Gedanken dem Nutzer die Fokussierung erschweren und ihn weiterhin ablenken. Wenn beispielsweise eine Person durch eine Nachricht mit emotional bedeutsamen Inhalt unterbrochen wird, kann dies die Wiederaufnahme der Primäraufgabe deutlich erschweren. Die schematische Beziehung zwischen Sender- und Empfängerkosten sowie deren Variation bei unterschiedlicher Ausprägung der Filterstufe vor Unterbrechungen ist in Abbildung 2.4 dargestellt. Der Empfänger hat, wie auf der Abszisse zu sehen, die Möglichkeit, sich in unterschiedlicher Intensität gegen Unterbrechungen zu schützen. Diese Filterungsmaßnahmen könnten beispielsweise durch das Verwenden eines Anrufbeantworters, Stummschalten des Telefons, Verschließen der Bürotür oder Ausschalten jeglicher E-Mail- und Instant-Messaging-Anwendungen umgesetzt werden. Anhand der Kostenfunktion des Empfängers lässt sich nachvollziehen, dass dem Empfänger bei einer minimalen Filterstufe die höchsten Kosten entstehen, da er sich jeglicher externen Unterbrechung sofort zuwendet. Mit steigendem Grad der Filterung verringern sich die Kosten, da sich der Empfänger nun ungestörter seinen eigenen Aufgaben zuwenden kann. Die Kostenfunktion kann allerdings auch bei maximaler Filterung den Nullpunkt nie ganz erreichen, da in jeder Unterbrechung auch für den Empfänger potentiell wichtige oder dringliche Informationen enthalten sein können und es Kosten verursachen würde, diese nicht sofort zu erhalten. Die gegenläufige Kostenkurve des Senders stellt auch die Kostenkurve für die Verzögerung beim Erhalt asynchroner Nachrichten dar. Sie zeigt ihre höchste Ausprägung, wenn der Empfänger sich maximal gegen Unterbrechungen schützt, und ist minimal, wenn der Sender den Empfänger sofort unterbrechen kann. Als Basis für ein Entscheidungsmodell kann der in Abbildung 2.4 dargestellte Ansatz verwendet werden, die Nachricht bzw. Kontaktaufnahme dann zuzulassen, wenn die Kosten der Unterbrechung geringer sind als die Kosten des Senders bzw. der Nutzen des Senders die Kosten kompensiert.

Um ein solches Entscheidungsmodell in einem technischen System umzusetzen, ist es notwendig, die Kostenfunktionen von Sender und Empfänger zu modellieren. Wünschenswert ist in einem ersten Schritt

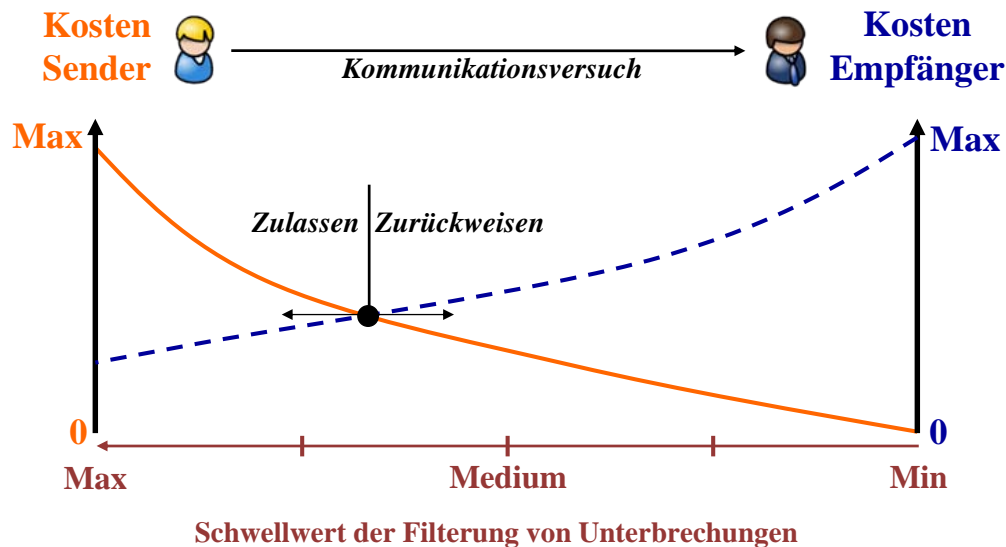


Abbildung 2.4: Kostenfunktionen beim Sender und Empfänger in Abhängigkeit des Schwellwerts der Filterung

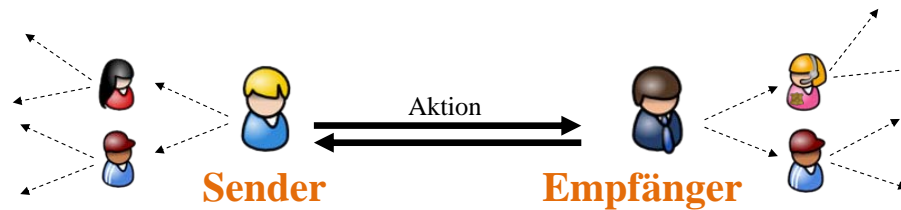
die Erstellung einer Zielfunktion für die Entscheidungsfindung, die in einem zweiten Schritt optimiert werden kann.

Individuelle Unterbrechungskosten

Abbildung 2.4 zeigt die Kostenfunktion des Empfängers in Abhängigkeit der Restriktionsstufe des Unterbrechungsfilters. Im Fall einer minimalen Filterstufe wendet sich der Empfänger beim Eintreffen einer Unterbrechung sofort der Unterbrechungsaufgabe zu und kehrt erst nach deren Abarbeitung wieder zurück zur Primäraufgabe. Bei hohem Unterbrechungsaufkommen wird die Arbeitszeit des Empfängers somit fragmentiert, was sich bezüglich der eigenen Arbeitsqualität negativ auf die *Fehlerrate* und *Bearbeitungszeit* seiner Primäraufgaben auswirken kann. Neben diesen Auswirkungen werden in der Literatur jedoch vor allem negative Auswirkungen auf die *emotionale* Befindlichkeit in Form eines erhöhten Stressniveaus berichtet. Das erhöhte Stressniveau soll vorerst dadurch erklärt werden, dass bei einer zu hohen Anzahl von Unterbrechungen, bestimmte Verhaltensmechanismen angewendet werden um die negativen Auswirkungen einer erhöhten Fehlerrate und Bearbeitungszeit zu kompensieren. Eine ausführliche Darstellung der Unterbrechungskosten auf Senderseite wird in Kapitel 3.2 dargestellt. Im Folgenden soll zuvor auf die Komplexität der Verkettung von Unterbrechungskosten am Beispiel eines Unternehmens eingegangen werden.

Verkettung von Unterbrechungskosten auf Unternehmensebene

Bisweilen wurden die entstehenden Unterbrechungskosten lediglich aus der individuellen Sicht von Sender und Empfänger betrachtet. Für die Erstellung eines zu optimierenden Entscheidungsmodells zur Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement müssen jedoch weitere Einflussfaktoren einbezogen werden. Abbildung 2.5 zeigt die Kommunikationsbeziehung zwischen Sender und Empfänger, sowie deren Einflüsse auf weitere Personengruppen mit denen sie in einer Austauschbeziehung von Informationen stehen. Im Fall (a) der Kommunikationsbeziehung unterbricht der Sender den Empfänger, erhält während der folgenden Kommunikationssitzung dessen Hilfestellung und nimmt somit dessen Aufmerksamkeit in Anspruch. Neben den direkten Kosten des Empfängers können sich die Kosten weiter indirekt



Fall	Umfeld Sender	Sender	Aktion	Empfänger	Umfeld Empfänger
(a)	Indirekter Nutzen	Nutzen	Unterbrechung → ← Hilfestellung	Kosten	→ Indirekte Kosten
(b)	Indirekter Nutzen	Nutzen	Unterbrechung → + Information →	Nutzen	→ Indirekter Nutzen
(c)	Indirekte Kosten	Kosten	Unterbrechung → ← Hilfestellung	Nutzen	→ Indirekter Nutzen
(d)	Indirekte Kosten	Kosten	Unterbrechung → + Info →	Kosten	→ Indirekte Kosten

✗ Filterung -----> Auswirkung im abhängigen Umfeld

Abbildung 2.5: Analyse von Kosten und Nutzen bei Sender und Empfänger

auswirken, da der Sender seine Ressource *Aufmerksamkeit* nicht mehr allein für seine Primäraufgabe zur Verfügung hat und somit beispielsweise ein Ergebnis, von dem sein Arbeitsumfeld abhängig ist, erst später oder nicht rechtzeitig fertiggestellt werden kann. Abhängig vom gegebenen Kontext kann dies wiederum weitere Auswirkungen auf andere Arbeits- und Kommunikationsbeziehungen innerhalb des Netzwerkes haben. Als typische Situation kann man sich vorstellen, dass der Empfänger unterbrochen wird, während er sich in einem Meeting mit einem Arbeitskollegen befindet. In der Zeit, während sich der Empfänger dem Sender zuwendet, kann sich die Arbeitsproduktivität des nun wartenden Arbeitskollegen auf ein Minimum reduzieren. Mit jedem weiteren anwesenden Kollegen, der auf die Beendigung der Unterbrechung wartet, können die indirekten Kosten weiter steigen. Ein extremes Beispiel für die Kummulierung von indirekten Unterbrechungskosten ist die Unterbrechung des Redners während eines Vortrages. Wendet sich dieser während seines Vortrages seinem klingelnden Mobiltelefon zu, addieren sich für das gesamte Auditorium die indirekten Unterbrechungskosten.

Eine indirekte senderseitige Verkettung lässt sich ebenfalls identifizieren. Durch die zeitnahe Hilfestellung des Empfängers ist der Sender eventuell in der Lage, schneller oder effizienter ein Problem zu lösen oder einen Sachverhalt zu klären, wodurch nicht nur sein individueller Nutzen, sondern auch der Nutzen von abhängigen Kommunikationspartnern erhöht werden kann. Als Beispiel kann man sich ein Arbeitstreffen von Entscheidungsträgern vorstellen, die bei Kenntnis über einen gewissen Sachverhalt zeitnah eine Entscheidung treffen können und somit kein weiteres Präsenztreffen vereinbaren müssen, das zeitlich nach dem anvisierten Erhalt der Information liegt. Die Schlüsselinformation kann von einem der Anwesenden durch ein kurzes Telefonat erfragt werden, wobei hierdurch der Empfänger in einer ähnlichen Meetingsituation unterbrochen werden könnte. Beim Erhalt der Schlüsselinformation hätte nun das indirekte Umfeld des Senders ebenfalls einen Nutzen durch die Unterbrechung.

In Abbildung 2.5 (b) wird durch die Unterbrechung gleichzeitig eine für den Sender relevante Information übertragen. Dadurch ergibt sich sowohl für den Empfänger ein Nutzen durch den Informationserhalt, als auch für den Sender, da dieser nun kein weiteres Mal versuchen muss, den Empfänger zu

kontaktieren. Aus diesen Darstellungen lässt sich ebenfalls die Kosten-Nutzen-Analyse der Fälle (c) und (d) nachvollziehen. In beiden Beispielen wird die direkte Kontaktaufnahme durch ein restriktives Unterbrechungsmanagement unterbunden. In Fall (d) kommen nun erschwerend die Kosten hinzu, dass der Sender zu einem späteren Zeitpunkt wieder seine Aufmerksamkeit dafür verwenden muss, erneut einen Kontaktversuch herzustellen, falls die Information unbedingt übermittelt werden muss.

Eine ähnliche Analyse in den dargestellten Beispielszenarien kann auch für die Übermittlung von asynchronen Nachrichten durchgeführt werden. Die Kosten bzw. der Nutzen werden dadurch bestimmt, welche Auswirkungen die Zeitverzögerung zwischen dem Absenden der Nachricht auf Senderseite und der Verarbeitung auf der Empfängerseite hat.

Erste technische Ansätze, um die Ressource *Aufmerksamkeit* effizient in einem Unternehmen zu verwalten, basieren beispielsweise auf dem Austausch von virtuellen Währungen für Aufmerksamkeitsressourcen. Die Firma *Seriosity*¹ bietet mit ihrem Produkt *Attend* eine technische Erweiterung für bestehende E-Mail-Dienste an. Beim Versenden einer E-Mail kann der Mitarbeiter der Nachricht eine gewisse Summe der virtuellen Währung *Serios* beifügen, so dass beim Empfänger im Posteingang kenntlich wird, wie wichtig bzw. dringlich diese E-Mail vom Sender eingeschätzt wird. Die erhaltene Geldsumme wird auf dem Konto des Empfängers gutgeschrieben und kann wiederum dafür verwendet werden, eigene E-Mails zu priorisieren. Die Multiplikation der Kosten bei einer Gruppenkommunikation, beispielsweise beim Versenden einer Nachricht an einen E-Mail-Verteiler, kann ebenfalls mit aufgenommen werden. Hierarchien in den Kommunikationbeziehungen können berücksichtigt werden, indem leitende Angestellte einen höheren monatlichen Ausgangswert der Währung erhalten. Eine Erweiterung der virtuellen Währung auf die Telefonkommunikation befindet sich laut den Angaben des Unternehmens in der Entwicklungsphase.

Anhand der dargebotenen Beispiele lässt sich die Komplexität einer zu optimierenden Zielfunktion erkennen. So kann eine unpassende Unterbrechung des Kollegen zwar Kosten aufgrund der Minderung seines individuellen Arbeitsergebnisses verursachen, bei einem hinreichend großen Nutzen für den Sender sich letztendlich aber doch eine positive Nutzenbilanz zumindest auf Unternehmensebene ergeben. Bezieht man nun noch die indirekten Kosten und den indirekten Nutzen aufgrund der Vernetzung innerhalb eines Unternehmens mit ein, wird nachvollziehbar, welche Komplexität die Kostenberechnung einer einzelnen Unterbrechung haben kann.

Es ist daher ersichtlich, dass das Unterbrechungsmanagement als ein ähnliches Optimierungsproblem angesehen werden kann wie die dynamische Regulation von menschlicher Handlungskontrolle (Abschnitt 2.2). Wurde auf der Ebene der Handlungskontrolle lediglich die Perspektive des Individuums als die zu optimierende Zielfunktion angesehen, müssen beim Unterbrechungs- bzw. Aufmerksamkeitsmanagement auf Unternehmensebene jedoch auch die Interdependenzen zwischen Personen mit betrachtet werden.

2.2.2 Verwandte Arbeiten zur Modellierung von Unterbrechungskosten

Die Entscheidung, eine bevorstehende Unterbrechung zu filtern, kann, wie in Abschnitt 2.2.1 beschrieben, als Optimierungsproblem angesehen werden. Zur Beschreibung der benötigten Zielfunktion werden im Folgenden unterschiedliche mathematische Beschreibungen aus den verwandten Arbeiten diskutiert.

Horvitz et al. [EHH99] beschreiben in ihrem Modell die erwarteten Kosten einer Unterbrechung beim Erhalt einer asynchronen Nachricht bzw. bei der Notifikation des Nutzers beim Eintreffen. Für die Beschreibung der erwarteten Kosten der Notifikation (*expected cost of alerting*, ECA) modelliert die Kosten-Nutzen-Funktion C^a den Zusammenhang zwischen der Notifikation A_j , wenn diese den Nutzer in einer gegebenen Situation F_j unterbricht (Gleichung 2.7). Ferner beziehen die Autoren mit ein, dass das automatisierte Erkennen des Nutzerkontextes einer gewissen Unsicherheit unterworfen ist. Diese Ungewissheit über den Zustand F_j , gegeben der Hinweise E^a , wird mit der bedingten Wahrscheinlichkeit $p(F_j|E^a)$ mit in die Modellierung aufgenommen.

¹ vgl. www.seriosity.com

$$ECA = \sum_j C^a(A_i, F_j) p(F_j | E^a) \quad (2.7)$$

Ähnlich der beschriebenen Filterfunktion aus Abbildung 2.4 gehen Horvitz et al. auf die entstehenden Kosten bzw. den Nutzen ein, falls die Nachricht nicht sofort, sondern durch die Filterfunktion verzögert dargeboten wird. Die erwarteten Kosten einer verzögerten Notifikation (*expected cost of delayed action*, ECDA) bilden sich aus der Nutzendifferenz, die entsteht, wenn die Nachricht nicht am Zeitpunkt t_0 , sondern erst zum Zeitpunkt t zugestellt wird. Hierbei definieren sie die zeitabhängige Nutzenfunktion $u(A_i, H_j, t)$, gegeben der Notifikation A_i und dem Zustand H_j . Wie schon bei der Darstellung der erwarteten Kosten der Notifikation (ECA) wird die Unsicherheit im Zustand H_j , gegeben der Hinweise E durch eine bedingte Wahrscheinlichkeit modelliert.

$$ECDA = \max_A \sum_j u(A_i, H_j, t_0) p(H_j | E) - \max_A \sum_j u(A_i, H_j, t) p(H_j | E) \quad (2.8)$$

In einer weiteren Arbeit generalisieren Horvitz und Apacible [HA03] dieses Modell auf jegliche eingehende Unterbrechungsart. Die erwarteten Kosten einer Unterbrechung (*expected cost of interruption*, ECI) werden in diesem Ansatz (Gleichung 2.9) analog zur Gleichung durch die Auswirkungen jeglicher Art der Unterbrechung (D_i) 2.9 in Abhängigkeit des Aufmerksamkeitszustandes (A_j) durch die Nutzenfunktion $u(D_i, A_j)$ modelliert.

$$ECI = \sum_j u(A_j, D_j) p(A_j | E) \quad (2.9)$$

Zur Operationalisierung der Kosten verwenden Horvitz und Apacible in ihrem Ansatz die von den Nutzern erfragte Zahlungsbereitschaft, eine mögliche Unterbrechung in dem gegebenen Kontext zu unterbinden. Auf Basis des Modells wird der Kontext der Probanden durch unterschiedliche Sensoren erfasst und durch Hilfe eines Bayeschen Netzes modelliert.

Grandhi und Jones [SQ09] modellieren in ihrer Arbeit die Kosten-Nutzen-Gegenüberstellung (*Cost/Benefit*, C/B) einer Unterbrechung auf der kognitiven Ebene (C/B), der sozialen Ebene (C'/B') und der Beziehungsebene (C''/B''). Diese Ebenen können mit den in dieser Arbeit vorgestellten Kontext-Dimensionen gleichgestellt werden. Grandhi und Jones beschreiben, dass in jeder Ebene zu einem gegebenen Zeitpunkt t unterschiedliche Faktoren i auf die Ebenen einwirken, so dass sich der prognostizierte Nutzen einer Unterbrechung (*predicted value of interruption*, PIV) aus der Gegenüberstellung der Faktoren ergibt, wie in Gleichung 2.10 dargestellt.

$$PIV(t) = \sum_{i=1}^l (C_i(t) - B_i(t)) w_i(t) + \sum_{i=1}^m (C'_i(t) - B'_i(t)) w'_i(t) + \sum_{i=1}^n (C''_i(t) - B''_i(t)) w''_i(t) \quad (2.10)$$

Zur Anpassung an den jeweiligen Kontext werden die Gewichtungsfaktoren ($w(t)$) dazu verwendet, den Einfluss der Ebene unterschiedlich stark mit in die Modellierung aufzunehmen.

Die statistischen Modelle von Horvitz et al. erlauben es, die Unsicherheit der Kontexterkenkung mit zu modellieren und über die Zeitdifferenz explizit die Kosten-Nutzen-Veränderung bei verzögerter Darstellung der Unterbrechung mit aufzunehmen. Das Modell von Grandhi und Jones bietet eine differenzierte

Darstellung der drei Ebenen *Kognitiv*, *Sozial* und *Beziehung* und erlaubt es, diese je nach Kontext unterschiedlich für die Entscheidungsfindung zu gewichten. Die Veränderung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses über die Zeit wird hierbei nur indirekt über die Gewichtungsfaktoren erfasst. Zwar zeigt das Modell anschaulich, dass eine Unterbrechung in einem unpassenden Moment auf kognitiver Ebene Kosten erzeugt, die durch den Nutzen auf der Beziehungsebene kompensiert werden, jedoch können viele Effekte mit der einfachen Kosten-Nutzen-Gegenüberstellung nur unzulänglich beschrieben werden. Man stelle sich beispielhaft die Konstellation vor, in der auf Basis der Beziehungsebene die Kosten der Unterbrechung höher sind als der daraus angedachte Nutzen $C_i''(t) > B_i''(t)$. Obgleich nach dem Modell für die Filterung der Unterbrechung entschieden wird, kann der Empfänger es doch wünschen, wiederholt vom Sender unterbrochen zu werden, auch wenn sich damit seine Kosten weiter aufsummieren. Erst wenn ein bestimmter Kostenschwellwert überschritten ist, wird die Unterbrechung vom Empfänger abgelehnt. Um solche komplexen menschlichen Reziprozitätsmodelle mit einzubeziehen, werden daher außerdem weitere situations- und persönlichkeitsbeschreibende Faktoren benötigt, also Mechanismen, die solche nichtlinearen Zusammenhänge bei Schwellwertentscheidungen modellieren können.

2.3 Unterbrechungsmanagement

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über grundlegende Strategien zum Unterbrechungsmanagement gegeben und auf mögliche technische Systeme zur Unterstützung in unterschiedlichen Phasen eingegangen. Im Rahmen der Diskussion wird dabei auf die zwei relevantesten Ansätze näher eingegangen, da diese grundlegende Herausforderungen für den Virtuellen Assistenten direkt adressieren.

2.3.1 Grundlagen Unterbrechungsmanagement-Strategien

Erste konzeptuelle Überlegungen zum Unterbrechungsmanagement im Zusammenhang mit informationsverarbeitenden Systemen wurden von McFarlane vorgestellt [MM99]. McFarlane geht in seinen grundlegenden Arbeiten davon aus, dass ein Empfänger zwischen den vier Unterbrechungsmanagement-Strategien *Unmittelbares Annehmen*, *Aushandeln von*, *Planmäßiges Bearbeiten* oder *vermittelte Behandlung* von Unterbrechungen wählen kann:

1. **Unmittelbares Annehmen von Unterbrechungen (*Immediate*)** Der Empfänger unterbricht beim Auftreten einer Unterbrechung seine Primäraufgabe und wendet sich direkt der Unterbrechung zu.
2. **Aushandeln von Unterbrechungen (*Negotiated*)** Der Empfänger entscheidet beim Auftreten einer Unterbrechung, wie mit der Unterbrechung weiter umgegangen werden soll. Nach [McF02] stehen dem Empfänger vier Handlungsalternativen im Rahmen des Aushandlungsprozesses zur Verfügung:
 - a) **Unmittelbares Abarbeiten (*Immediate*)** Der Empfänger unterbricht hierbei seine Primäraufgabe und wendet sich direkt der Unterbrechungsaufgabe zu.
 - b) **Verschieben der Bearbeitung (*Delayed*)** Die Unterbrechung wird bestätigt und die Bearbeitung in einem kurzen Aushandlungsprozess auf einen späteren Zeitpunkt verschoben.
 - c) **Ablehnung (*Decline*)** Die Unterbrechung wird bestätigt und explizit abgelehnt.
 - d) **Ignorieren (*Withdraw*)** Die Unterbrechung wird implizit abgelehnt, indem keine Bestätigung über das Wahrnehmen der Unterbrechung gegeben wird.

Es ist davon auszugehen, dass sich der Aushandlungsprozess auch in Mischformen dieser vier Handlungsalternativen vollziehen kann. Der Empfänger kann beispielsweise in einer kurzen Abarbeitungsphase versuchen, mehr Informationen über den Kontext der Unterbrechung zu erfahren, um somit die vorherrschende Ungewissheit über den möglichen Nutzen zu reduzieren. Dieser Prozess wird von Berger und Calabrese [BC75] in ihren Axiomen zur Unwissenheits-Reduzierungs

Theorie (*Uncertainty Reduction Theory*, URT) als typischer Prozess innerhalb der zwischenmenschlichen Kommunikation beschrieben. Beim Auftreten von Unterbrechungen durch asynchrone Nachrichten ließe sich dieser Prozess dahingehend beschreiben, dass der Nutzer Informationen zur Verbesserung der Entscheidungsfindung einholt. Beispielsweise prüft der Empfänger bei der Signalisierung einer eingehenden E-Mail weitere Informationen wie Absender und Betreffzeile, bevor er entscheidet, die E-Mail zu bearbeiten.

3. **Planmäßiges Bearbeiten von Unterbrechungen (*Scheduled*)** Der Empfänger verfügt über ein vordefiniertes Muster, zu welchen Zeitpunkten er unterbrochen werden kann. Beispielsweise werden Sprechstunden oder Zeitfenster definiert, in denen sich der Empfänger externen Unterbrechungen zuwendet.
4. **Vermittelte Behandlung von Unterbrechungen (*Mediated*)** Eine dritte Instanz bewertet anhand vorliegender Informationen, ob der Empfänger in seiner Primäraufgabe unterbrochen werden soll oder nicht. Zu dieser Strategie zählt somit der Ansatz des Virtuellen Assistenten. Hierzu existieren auch Vorarbeiten am Fachgebiet *Multimedia Kommunikation* siehe [GAS04] und [Gör05].

Um die vier vorgestellten Management-Strategien in ein jeweiliges technisches System zu überführen, werden die Ansätze, wie in Tabelle 2.2 zu sehen, anhand von fünf verschiedenen Kategorien bewertet. In der Kategorie *Unterbrechungskosten* wird diskutiert, inwieweit die Strategie in der Lage ist, die Kosten für den Empfänger effektiv zu senken. Unter dem Gesichtspunkt der *Flexibilität* soll darauf eingegangen werden, wie schnell und dynamisch die Strategie an wechselnde Anforderungen angepasst werden kann. Beispielsweise kann es notwendig sein, einen einzelnen Sender in seinen Rechten zu priorisieren, um zeitnah Informationen zu erhalten. Eng in Beziehung zur Flexibilität der Strategie steht die Kategorie *Grad der Kontrolle*, in der bewertet werden soll, inwieweit der Empfänger selbst in den ablaufenden Prozess eingreifen kann. Wird der Empfänger beispielsweise durch das System zu stark bei der Entscheidungsfindung bevormundet, wird sich dies auf die Nutzerakzeptanz auswirken. Abschließend sollen Strategien bewertet werden, welcher *Konfigurationsaufwand* für die Umsetzung aufgebracht werden muss, und in der Kategorie *Systemkomplexität*, wie umfangreich die technischen Maßnahmen für ein solches System sind.

Die Gegenüberstellung der Strategien zeigt Tabelle 2.2. Um für den Vergleich eine einheitliche Bewertung zu ermöglichen, werden erwünschte Eigenschaften mit (+), neutral bewertete Eigenschaften mit (0) und unerwünschte Eigenschaften mit (–) gekennzeichnet. Eigenschaften, die aufgrund unklarer Randbedingungen nicht bewertet werden können, werden mit einem (*) gekennzeichnet.

Der Ansatz, für jede auftretende Unterbrechung den weiteren Umgang *auszuhandeln*, erzeugt beim Empfänger im Vergleich mittlere Unterbrechungskosten, da für jede Unterbrechung Aufmerksamkeit benötigt wird und lediglich das Ignorieren und direkte Ablehnen ankommender Unterbrechungen die Kosten reduziert. Da der Empfänger jede Entscheidung direkt selbst treffen kann, ist somit eine hohe Flexibilität gegeben, sich dynamisch an wechselnde Umstände anzupassen, sowie ein hoher Grad der Kontrolle über das System gegeben. Da diese Strategie keine weiteren Hilfsmaßnahmen benötigt, fallen somit keine Kosten für die Konfiguration sowie für das Erstellen eines komplexen Unterstützungs-Systems an, was positiv bewertet werden kann. Eine vergleichbare Bewertung erhält die Strategie der *unmittelbaren* Verarbeitungen von Unterbrechungen. Im Unterschied zur Strategie der *Aushandlung* entstehen höhere Unterbrechungskosten, da keine Unterbrechung abgewiesen oder auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden kann. Durch die fehlenden Alternativhandlungen ist die Flexibilität deutlich eingeschränkt, so dass auch in ungünstigen Zeiten die Person in ihrem Arbeitsablauf unterbrochen wird. Das *planmäßige* Abarbeiten von Unterbrechungen ermöglicht es dem Empfänger, sich in seiner Arbeitsplanung auf die anfallende Unterbrechungsaufgabe einzustellen, was sich somit positiv auf die Unterbrechungskosten auswirkt. Da während der unterbrechungsfreien Zeiten der Empfänger nicht erreichbar ist, kann nicht auf eine spontane aber dringliche Unterbrechung flexibel eingegangen werden. Diese Inflexibilität erlaubt auch nur einen mittelmäßigen Grad von Kontrolle, da sich der Empfänger nur zu den planmäßigen Unterbrechungszeiten der Abarbeitung zuwenden kann. Die Aufwandskosten für die Konfiguration sowie für das Erstellen eines solchen Systems können im mittleren Bereich angesiedelt werden, da lediglich die

Strategie

	<i>Unmittelbar</i>	<i>Aushandlung</i>	<i>Planmäßig</i>	<i>Vermittelt</i>
<i>Unterbrechungs-kosten</i>	–	0	+	+
<i>Flexibilität</i>	–	+	–	0
<i>Grad der Kontrolle</i>	+	+	0	*
<i>Konfigurations-aufwand</i>	+	+	0	*
<i>System-komplexität</i>	+	+	0	–

Tabelle 2.2: Bewertung der vier Unterbrechungsmanagement-Strategien in Anlehnung an [SR08b];
Bedeutungen der Symbole: (*) nicht bewertbar, (+) hoch, (–) niedrig, (0) durchschnittlich

Information über den Verlauf der Zeitintervalle den Sendern zur Verfügung gestellt werden muss. Die in dieser Arbeit verfolgte Strategie der *vermittelten* Behandlung von Unterbrechungen durch den Virtuellen Assistenten verursacht im Idealfall die geringsten Unterbrechungskosten. Dies basiert darauf, dass Unterbrechungen, die der Empfänger ohnehin abweisen würde, schon vor der Signalisierung unterdrückt werden. Da für diesen Prozess der gewünschte Umgang des Empfängers nachgebildet werden muss, ist der Grad der Flexibilität davon abhängig, wie gut die Entscheidungsfunktion nachgebildet und der Kontext der Person erkannt werden kann. Da eine kurzfristige Änderung des Unterbrechbarkeitskonzeptes erst explizit dem System mitgeteilt oder über beobachtetes Verhalten erlernt werden muss, ist ersichtlich, dass hierdurch nur ein mittelmäßiger Grad der Flexibilität erreicht wird. Der Grad der Kontrolle sowie der Konfigurationsaufwand sind im Wesentlichen von der Qualität der Nutzerschnittstellen abhängig und können daher nicht hinreichend genau bewertet werden. Obgleich der vermittelnde Ansatz des Virtuellen Assistenten dadurch besticht, dass er eine Vielzahl von Zusatzfunktionalitäten ermöglicht, kann die Systemkomplexität generell als sehr hoch angesehen werden.

Die Gegenüberstellung in Tabelle 2.2 macht deutlich, dass die Strategien der *Aushandlung* und der *unmittelbaren Bearbeitung* ohne technische Werkzeuge durchgeführt werden können. Den somit geringen Kosten für Umsetzung und Betrieb stehen jedoch die mit der Anzahl der Unterbrechungen steigenden Unterbrechungskosten gegenüber. Geht man davon aus, dass zukünftige intelligente Umgebungen dem Nutzer zu jeder Zeit proaktiv Informationen zukommen lassen können, wird die Relevanz für eine intelligente Vorfilterung von Unterbrechung ersichtlich. Die Strategie, sich externen Unterbrechungen *planmäßig* zuzuwenden, besticht dadurch, dass der Empfänger nach eigenem Ermessen handelt und somit nicht zu einem unpassenden Zeitpunkt unterbrochen wird. Das regelmäßige Prüfen neu eingegangener E-Mails oder SMS-Nachrichten ist somit eine abgewandelte Form dieser Strategie, die gleichzeitig flexibel in die Arbeitsplanung eingebunden werden kann. Für die Verarbeitung synchroner Kommunikationsanfragen kann sich dies jedoch nachteilig für den Sender auswirken. Die *vermittelnde* Strategie des Virtuellen Assistenten kann aufgrund der vielfältigen Interaktionsmöglichkeiten nicht in jeder Kategorie eindeutig bewertet werden. Die Kategorien *Flexibilität*, *Grad der Kontrolle* und *Aufwand der Konfiguration* sind daher von dem gegebenen System abhängig. Hier ist anzuraten, dass in nachfolgenden Arbei-

ten eine differenziertere Bewertung hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit entwickelt werden muss. In den folgenden Abschnitten werden Ansätze diskutiert, wie dem Wissensarbeiter bei seinem Unterbrechungsmanagement technische Unterstützung angeboten werden kann. Die Ansätze stellen dabei meist Mischformen aus den vorgestellten vier Grundstrategien dar.

2.3.2 Technische Ansätze zur Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement

Die Abbildung 2.6 zeigt ein vereinfachtes Modell zur Darstellung des zeitlichen Ablaufs einer Unterbrechung. In diesem Modell wird zwischen den zwei Phasen *Primäraufgabe* und *Unterbrechungsaufgabe* unterschieden. Generell wird davon ausgegangen, dass der Nutzer in seiner geplanten Primäraufgabe arbeitet und durch eine externe Unterbrechung dazu gezwungen wird, eine Entscheidung zu treffen, wie diese gehandhabt werden soll. Unterstützungsansätze, die bereits Einfluss auf das generelle Auftreten von Entscheidungssituationen nehmen, werden in dieser Arbeit als *A-priori-Maßnahmen* definiert. Ihr zeitlicher Ansatzpunkt ist in Abbildung 2.6 mit einer ① gekennzeichnet und liegt somit vor dem Zeitpunkt der Unterbrechung.

Die Ansätze umfassen technische Maßnahmen, die wie in Abschnitt 2.3.1 dargestellt, das *planmäßige* oder das *vermittelte* Behandeln von Unterbrechungen unterstützen. Systeme, die dem Nutzer Unterstützung bei der *Aushandlung* im Umgang mit einer Unterbrechung geben, sind in Abbildung 2.6 mit einer ② markiert. Die Ansätze beziehen sich im Wesentlichen darauf, dem Nutzer eine breitere Informationsgrundlage bei der Aushandlungsphase zukommen zu lassen. Beispielsweise kann der Nutzer durch textuelle Hinweise im Telefondisplay bei einem eingehenden Anruf bereits Informationen über den Grund des Anrufes erfahren, so dass er aus seiner Sicht das Ergebnis seiner Aushandlungsphase optimieren kann. Eine weitere Hilfestellung zu diesem Zeitpunkt kann durch eine Vorankündigung geschehen, die wenige Sekunden vor der Unterbrechung dargestellt wird. Dies ermöglicht dem Empfänger, die Inhalte seines Arbeitsgedächtnisses und den momentan Schritt in seinem Handlungsplan z.B. durch Niederschreiben zu externalisieren. Dies soll verhindern, dass im Augenblick der Unterbrechung (durch eine mögliche Informationsüberlastung) wichtige Informationen verloren gehen. Dieses explizite Festhalten seines aktuellen Arbeitsschrittes ermöglicht es dem Nutzer, nach der Unterbrechung wieder schneller in die Primäraufgabe zurückzufinden. Hat sich der Nutzer dazu entschlossen, sich der Unterbrechung zuzuwenden, kann er in der Post-Unterbrechungsphase(③) unterstützt werden, um sich wieder schneller in seine Primäraufgabe zurückzufinden.

Ausgehend von diesen drei Ansätzen zur Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement werden im Folgenden Arbeiten zu den jeweiligen Ansätzen diskutiert.

Unterstützung bei der Wiederaufnahme

Bei diesen Ansätzen werden alle Arbeitsaktivitäten einer Person aufgezeichnet und nach der Unterbrechung die zuletzt abgearbeiteten Schritte bzw. Konstellationen auf dem PC-Desktop noch einmal dargeboten, um die Wiedereinarbeitungskosten zu verringern.

Franke et al. [LDM02] setzten diesen Mechanismus in einem Software-Agenten ein, der nach der Unterbrechung auf Anfrage Informationen über die zuvor durchgeführten Aufgaben wiedergibt. Trafton und Altmann [TABM03, AT04] zeigen, wie die Wiedereinarbeitungszeit verkürzt werden kann, indem kurz vor der Unterbrechung der aktuelle Fensterinhalt einer Anwendung verlängert dargestellt wird, bevor der Wechsel zur Unterbrechungsaufgabe durchgeführt wird.

Unterstützung in der Aushandlungsphase

Bei Unterbrechungen während des Aufbaus der synchronen Kommunikation muss der Empfänger entscheiden, ob er beispielsweise den Telefonanruf entgegennimmt oder nicht. In den vorherrschenden

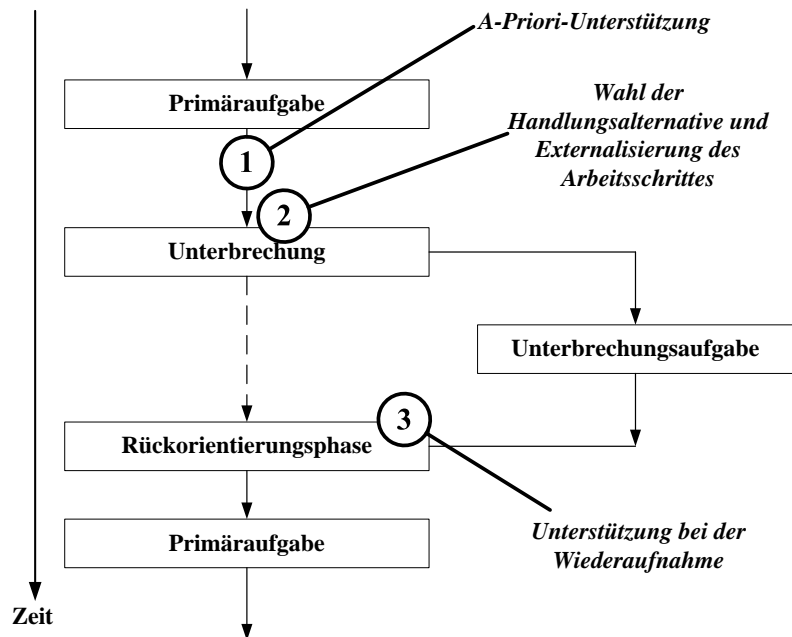


Abbildung 2.6: Ansatzpunkte zur Unterstützung bei Unterbrechungen

technischen Systemen wird lediglich die Identität des Anrufers, z.B. durch Anzeige der Rufnummer übermittelt. Für eine bessere Entscheidungsfindung ist es jedoch sinnvoll, Informationen, über Dringlichkeit, Wichtigkeit, evtl. Thema etc. mit im Display anzuzeigen. Zwar mag dies für den Sender aufwändig scheinen, diese Information vor dem Anruf über ein Interface einzugeben, allerdings könnte er dadurch auch die Wahrscheinlichkeit der Annahme verbessern. Milewski [Mil06] beschreibt das Verfahren des so genannten *audio screenings*, was nach McFarlane mit der Strategie der Aushandlung vergleichbar ist. Bei dem Verfahren spricht der Sender auf den Anrufbeantworter des Angerufenen (Empfänger), und der Empfänger entscheidet während des Aufsprechens, den Anruf abzunehmen oder nicht. Im Test nutzten 71% der Stichprobe (N=147) Screening, wobei im Schnitt 46,2% der Anrufe gescreent wurden. 97% aller Befragten im Test empfanden ungewünschte Telefonanrufe als unterbrechend und störend in der durchgeführten Tätigkeit. Das Verfahren wurde insgesamt als gutes Mittel gesehen, um Unterbrechungen zu managen. Gescreente Anrufe wurden als weniger störend empfunden.

Danninger et al. [DTW⁺07] beschreiben in ihrem *Touch-Talk*-Ansatz die Möglichkeit, mit dem Sender eines eingehenden Telefonanrufs per Tastendruck zu kommunizieren. Jede Taste des modifizierten Telefons veranlasst das Senden einer anderen Kurznachricht. Dies ermöglicht dem Empfänger, in unpassenden Situationen schnell und diskret die Kommunikationsanfrage abzuweisen, zu verschieben oder nähere Informationen zu erfragen, ohne dass er direkt mit dem Sender in Sprachkonversation treten muss.

A-Piori-Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement

Abbildung 2.6 zeigt in ① eine Unterstützungsmöglichkeit, noch bevor eine Unterbrechung dem Empfänger dargestellt wurde. Es geht in den folgenden Ansätzen im Wesentlichen darum, die Grundsatzentscheidung zu treffen, ob der Empfänger unterbrochen werden soll oder nicht. Darum muss bereits vor der Unterbrechung eine A-Piori-Bestimmung durchgeführt werden, ob die Unterbrechung in der gegebenen Situation passend ist oder nicht [Hat87]. Diese Entscheidung kann sowohl vom Sender selbst, aber auch von einer dritten Instanz getroffen werden. Beide Instanzen benötigen Informationen über den Kontext des Empfängers, um das Unterbrechbarkeitsniveau einzuschätzen. Der Ansatz, Kontextinformationen



	Awareness Server	Agentenbasierte Systeme
Systemkomplexität	Gering	Sehr hoch
Nutzergruppe	Geschlossene Gruppe	Offen
Modell Unterbrechbarkeitskonzept	Modell Unterbrechbarkeitskonzept an jedem Sender	Zentrales Modell Unterbrechbarkeitskonzept
Management Overhead	Soziales Feedback durch Empfänger	Kontext definieren (Sender) Feedback geben Empfänger
Akzeptanz / Entscheidungstransparenz	Bedingt / Hoch	Nicht bekannt / Modellabhängig
Erweiterungen	Keine	Erweiterung für Asynchrone Nachrichten, Autonome Beantwortungsfunktionen
Schutzmechanismen Privatsphäre	Gering	Hoch
Güte Entscheidungsfindung	Asymmetrie bevorzugt Sender	Nicht bekannt

Tabelle 2.3: Vergleich Awareness Server und Agentenbasierte Systeme

über einen zentralen Server zur Verfügung zu stellen, um Dritten ein Bewußtsein (*awareness*) über das Unterbrechbarkeitsniveau des Empfängers zu geben, wird folgend *Awareness Server* genannt. Der Ansatz, die Kontextdaten maschinell auszuwerten, wird folgend als *agentenbasiertes System* bezeichnet. Abbildung 2.3 stellt die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Ansätze grafisch gegenüber.

Awareness Server

In diesem Ansatz wird versucht, dem Sender der bevorstehenden Kommunikationsanfrage Kontextinformationen über die aktuelle Arbeitssituation des Empfängers a priori darzustellen. Anhand dieser Informationen kann der Sender die durch seine Anfrage entstehenden Kosten abwägen und für seine Anfrage gegebenenfalls einen späteren Zeitpunkt wählen. Die Kernelemente des Ansatzes umfassen somit Sensoren zur Erfassung der Kontextinformationen in der Umgebung des Empfängers und eine Server-Plattform, die diese Informationen zur Verfügung stellt. Alle registrierten und durch den Empfänger autorisierten Personen haben somit Zugang zu den Kontextinformationen. Entscheidet sich der Sender, den Empfänger zu unterbrechen, hat der Empfänger die Möglichkeit, im Aushandlungsprozess durch Ignorieren der Anfrage oder durch explizite Hinweise während der Kommunikationssitzung dem Sender Rückmeldung über die Richtigkeit seiner Entscheidung zu geben. Durch dieses Feedback ist der Sender in der Lage, Rückschlüsse über das Unterbrechbarkeitskonzept des Empfängers zu ziehen und sein Modell vom Empfänger anzupassen. Die Qualität der Entscheidung ist in diesem Ansatz im Wesentlichen vom Umfang und von der Aussagekraft der Kontextinformationen [DK04] sowie von der Interpretationsfähigkeit des Senders und der Qualität und Quantität des erhaltenen Feedbacks abhängig.

Beispielhaft für solche Systeme sind jegliche Instant-Messaging-Anwendungen, die z.B. auf Basis der PC-Nutzung den Präsenzstatus des Empfängers anzeigen. Hopper et al. [HHB93] erweitern in ihrem Ansatz das System um Lokationsinformationen aus einem Active-Badge-System, um den Aufenthaltsort von Personen auf Raumebene mit zu übertragen. Eine konstante Übertragung von Audiosignalen aus der Umgebung des Empfängers wird in [HAMS96] umgesetzt. Tang et al. beschreiben in ihren Arbeiten das *Awarenex*-System, das dem Sender Informationen über Loginstatus, Aufenthaltsort und Informationen aus dem Onlinekalender zur Verfügung stellt. Dabbish et al. [DK04] übertragen periodisch Videobilder aus der Büroumgebung zur besseren Kontexteinschätzung. Fogarty et al. verwenden in ihrem Awareness-System *MyVine* Audio- und Lokationsinformationen sowie Informationen über Kalendereinträge und über die Computeraktivität. Das *Lilsys*-System von Begole et al. [BG05] verwendet neben einem Bewegungssensor, einem Sensor zur Erfassung der Telefonaktivität und Informationen aus dem Onlinekalender noch einen Sensor zur Überwachung des Türstatus.

Die Hauptproblematik der vorgestellten Ansätze liegt in der geringen Akzeptanz der Nutzer, ihre durch Sensoren erfassten Kontextinformationen zur Verfügung zu stellen. Boyle untersucht hinsichtlich der Informationsweitergabe, inwiefern die Nutzer eines Awareness-Systems unterschiedlichen Personen eine unterschiedliche Granularität an Informationen zukommen lassen [BG05]. Es zeigt sich, dass zwar durchaus differenzierte Vorstellungen existieren (durch manuellen Konfigurationsaufwand), diese nachzupflegen, in der Realität sich jedoch schließlich eine überwiegende Einordnung in den Klassen *alle Informationen zu jeder Zeit* und *keine Informationen* ergibt.

Davis und Gutwin [DG05] untersuchen den Aspekt der Informationsweitergabe anhand einer Fragebogenuntersuchung. Die Ergebnisse zeigen, dass Nutzer prinzipiell weniger bereit sind, Informationen öffentlich zugänglich zu machen, als sie von anderen für die eigene Entscheidungsfindung einsehen möchten. Es zeigt sich ferner, dass eine höhere Akzeptanz dafür besteht, Informationen aus Kalendern und über den Aufenthaltsort zur Verfügung zu stellen, als Informationen über die Telefonaktivität und vom Computerbildschirm. Dies lässt sich unter anderem damit erklären, dass während der Erstellung eines Kalendereintrags mögliche Auswirkungen antizipiert werden können und somit im Augenblick der Erstellung eine explizite Kontrolle ausgeübt werden kann. Bei der Verwendung echtzeitfähiger Sensoren muss kontinuierlich geprüft werden, ob das eigene Verhalten Informationen generieren würde, zu deren Freigabe der Nutzer auch explizit zustimmen würde. In den Untersuchungen zeigt sich ebenfalls die Tendenz, dass Personengruppen, die ohnehin eine höhere Erlaubnis zugeteilt bekommen, die Zielperson zu unterbrechen, auch detailliertere Informationen erhalten würden [DG05]. Somit ergibt sich für die technische Umsetzung das Problem, dass Personen geringerer Vertrautheit weniger Kontextinformationen erhalten und somit die Wahrscheinlichkeit steigt, dass diese aufgrund der geringeren Güte ihrer Entscheidung auch zu tendenziell ungünstigeren Zeiten die Zielperson unterbrechen. Davis [DG05] bemerkt, dass diese geringere Informationsgenauigkeit auch als Entschuldigung für eine Unterbrechung in ungünstigeren Zeitpunkten genutzt werden kann. In weiteren praktischen Tests berichtet Fogarty [FLC04], dass Nutzer dazu neigen, die Kontextinformationen lediglich als Indikator für den Präsenzstatus, nicht aber für den Unterbrechbarkeitsstatus anzusehen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass das Einschätzen des Unterbrechbarkeitsniveaus traditionell z.B. anhand eines kurzen Blicks ins offene Büro durchgeführt wird. Für das Interpretieren von elektronisch dargestellten Kontextinformationen verfügen die Sender über unzureichend Interpretationserfahrung und Feedback auf sozialer Ebene. So zeigen Johnson und Greenberg [JG99a], dass die Fähigkeit von Probanden, das Unterbrechbarkeitsniveau von Wissensarbeitern anhand von Bildern einzuschätzen, sehr großen Varianzen unterliegt.

Die Entscheidungsqualität in einem Awareness-System hängt demnach davon ab, (a) welchen Detailgrad die veröffentlichten Kontextinformationen haben, (b) inwieweit die Sender in der Lage sind, die beobachteten Informationen zu interpretieren und (c) ob dies im Sinne der Kosten-Nutzen-Rechnung des Empfängers durchgeführt wird. Als problematisch erweist sich hier die Interaktion der Faktoren. Ein restriktiverer Einsatz von Sensorik reduziert die Entscheidungsqualität, was wiederum die Zustimmung zur Verwendung negativ beeinflussen kann. In Bezug auf Faktor (c) lässt sich die Problematik diskutieren, dass sich ein Sender mit freundschaftlichem Beziehungshintergrund bei gegebenen Kontext-

informationen eventuell dazu entschließen wird, erst später anzurufen. Ein im Eigeninteresse handelnder Telefonverkäufer wird eher dazu neigen, den Empfänger sofort zu unterbrechen.

Agentenbasierte Systeme

Agentenbasierte Systeme verfolgen die Strategie der vermittelten Behandlung von Unterbrechungen, womit der angedachte Virtuelle Assistent in diese Kategorie eingeordnet werden kann. Da agentenbasierte Systeme bei der Berechnung des Unterbrechbarkeitsniveaus über verschiedene Kontextdimensionen inferrieren, sind solche Systeme weiterhin in der Lage, weitere hilfreiche Informationen über den Kontext des Empfängers an Dritte zu geben. Die Hauptherausforderung besteht darin, zu erkennen, welcher Tätigkeit die Person gerade nachgeht und ob es ggf. günstig wäre, die Person in dem gegebenen Augenblick zu unterbrechen. Dies ist für den generellen Fall, in dem sich der Empfänger mobil bewegt, als sehr schwierig anzusehen, da lediglich Kontextinformationen z.B. vom Mobiltelefon des Empfängers zur Verfügung stehen. Daher wird im Folgenden lediglich auf Ansätze eingegangen, die sich auf die Büroumgebung fokussieren, da hier höherwertige stationäre Sensoren eingebunden werden können.

Eine generelle Schwierigkeit bei der Unterbrechbarkeitserkennung von geistiger Wissensarbeit liegt darin, dass durch die individuelle Arbeitsplanung und das inhärente Fehlen von sich wiederholenden Prozessen das Erkennen von Mustern und Strukturen als äußerst schwierig angesehen werden kann. Aufgaben, die keine oder nur eine geringe Anzahl von sich wiederholenden Strukturen besitzen, beschreiben Iqbal und Bailey [IB07] in ihren Arbeiten als *Free-Form Tasks*, also Aufgaben, die nicht vordefiniert sind und daher eine hohe Varianz in ihrem Ausführungsplan aufweisen.

Unter diesem Gesichtspunkt untersuchen Fogarty et al. [FHA⁺05], ob in einer ersten Stufe, menschliche Probanden in der Lage sind, Muster in der Unterbrechbarkeit anhand von Videoaufnahmen zu identifizieren. Hierzu werden den Probanden Arbeitssequenzen von Wissensarbeitern dargestellt und deren Selbsteinschätzung hinsichtlich ihres Unterbrechbarkeitsniveaus mit den Einschätzungen der Probanden verglichen. Es zeigt sich, dass bei einer zweistufigen Einstufung in *absolut nicht unterbrechbar* und *andere Zustände* die menschliche Fremdeinschätzung eine Korrekturklassifikationsrate von 76.9% erzielt. Daraufaufgehend werden den Videosequenzen per Hand annotierte und der Situation entsprechende Sensorenwerte zugeordnet. Auf Basis verschiedener statistischer Modelle erreicht die maschinelle Klassifikation eine Korrekturklassifikationsrate von 82.4% (Entscheidungsbaumverfahren) und erzielt somit eine signifikant höhere Güte in Bezug zur Referenzlinie von 68%. Eine Reduzierung der manuell annotierten Sensoren auf weniger komplexe Systeme wie Sprachaktivitäts-, Telefon- und Maussensoren verringert die maschinelle Klassifikationsgenauigkeit lediglich auf einen Wert von 78.9%.

Auf Basis realer Sensoren untersuchen Horvitz und Apacible [HA03] die Vorhersage des Unterbrechungsniveaus auf einer dreistufigen Skala mit Hilfe eines per Hand modellierten dynamischen Bayeschen Netzwerks. Das Unterbrechungsniveau wird mit Hilfe der Frage operationalisiert, welchen Geldwert die Probanden aufbringen würden, um zum gegebenen Zeitpunkt nicht unterbrochen zu werden. Anhand der gesammelten PC-, Audio-, Video- und Kalenderdaten aus dem Arbeitsumfeld von zwei Wissensarbeitern ergibt sich eine Klassifikationsgenauigkeit von 73% und 64%. Dass die erstellten Modelle spezifisch Muster der jeweiligen Personen beschreiben, zeigt sich daran, dass beim Vertauschen die Vorhersagegenauigkeit auf 30% abfällt, wogegen eine Vereinigung der Modelle eine mittlere Güte von 61% erreicht.

Danninger et al. [DKS06] untersuchen ebenfalls die Güte statistischer Modelle zur Unterbrechbarkeit auf einer vierstufigen Skala. Mit Hilfe von 1.279 Ereignisstichproben wurden vier Probanden nach ihrem Unterbrechbarkeitsniveau sowie nach detaillierteren Informationen zu ihrer Aktivität und der Anzahl von Personen im Raum gefragt. Gleichzeitig werden unterschiedliche Merkmale aus dem PC erhoben. Es zeigt sich, dass die Informationen von Kalendereinträgen (58%) gefolgt von der Tageszeit (54,3%), der Lokation (51,6%), der Interaktion mit weiteren Personen (49,2%) und dem aktiven Programm am PC (48,4%) den höchsten Beitrag zur Klassifikationsgenauigkeit beisteuern. In einer weiterführenden Arbeit setzten Danninger und Stiefelhagen [DS08] die gewonnenen Erkenntnisse in einem virtuellen Sekretär

um. Prototypisch wird das Einzelbüro eines Wissensarbeiters für die Aktivitäts- und Präsenzerkennung von Gästen mit Videokameras ausgestattet sowie zusätzlich ein PC vor der Bürotür zur Kommunikation mit potentiell unterbrechenden Gästen aufgestellt. Neben den sozialen Unterbrechungen werden eingehenden Anrufe ebenfalls über den virtuellen Sekretären abgewickelt. In zwei jeweils siebentägigen Evaluationsphasen, in denen das Störungsempfinden bei Unterbrechungen einmal mit und einmal ohne den virtuellen Sekretären aufgenommen wurde, zeigt sich eine signifikante Verbesserung des Störungsempfindens. Der Ansatz zeigt, dass die Anzahl zeitlich unpassender Unterbrechungen mit dem mediiierenden System signifikant reduziert werden kann.

2.3.3 Zusammenfassung und Konsequenzen für den Virtuellen Assistenten

Im Ansatz der Awareness Server wird die Entscheidung, ob der Empfänger unterbrochen werden soll, auf Basis der menschlichen Entscheidungsfähigkeit des Senders getroffen. Es zeigt sich, dass die durchgeführte Kosten-Nutzen-Abwägung durch die Interessen des Senders tendenziell zu dessen Gunsten verzerrt wird und nur eine geringe Akzeptanz unter den Empfängern besteht, den Sendern die sensiblen Kontextinformationen zugänglich zu machen. Die agentenbasierten Systeme ermöglichen es, neben den synchronen Kommunikationsanfragen auch asynchrone Nachrichten mit in das Unterbrechungsanagement aufzunehmen. Ferner wird durch den maschinellen Inferenzschritt eine Abstraktion des Unterbrechbarkeitsniveaus ermittelt, womit keine öffentliche Darstellung von Kontextinformationen benötigt wird. Die Arbeiten zu den agentenbasierten Systemen zeigen, dass eine automatisierte Erkennung des Unterbrechbarkeitsniveaus auf zwei- bis dreistufigen Skalen anhand von Sensoren geringer Komplexität prinzipiell möglich ist. Aufgrund der kleinen Stichproben bzw. geringen Anzahl an Probanden stellt sich die Frage, inwieweit dies auch für eventuell weniger technisch versierte Wissensarbeiter mit anderen Arbeitsabläufen generalisierbar ist. Beispielsweise kann mit Hilfe eines Telefonsensors mit hoher Genauigkeit erkannt werden, dass der Empfänger während eines Telefonats nicht unterbrechbar ist (aus der hohen Korrelation von dem Merkmal „Person telefoniert gerade“ zu der Aussage „Person ist nicht unterbrechbar“). Die Genauigkeit des agentenbasierten Systems steigt somit proportional mit der Verwendung des Telefons. Inwieweit eine Person als unterbrechbar eingestuft werden kann, wenn sie lediglich an ihrem PC arbeitet, ist daher wahrscheinlich schwieriger zu erkennen. Horvitz und Apacible [HA03] verweisen in ihren Arbeiten bereits auf die individuelle Gültigkeit der erstellten Modelle. Weiter lassen die in den Arbeiten erzielten Genauigkeitswerte der automatischen Einschätzung die Frage offen, inwieweit eine hinreichende Nutzerakzeptanz beim realen Einsatz der Systeme erreicht werden kann. Eine hohe Nutzerakzeptanz ist eher unwahrscheinlich, wenn z.B. bei der Überschätzung der Unterbrechungskosten, eine vom Nutzer eigentlich gebilligte Unterbrechung abgewiesen wird und der Grund oder das ausschlaggebende Merkmal für diese Entscheidung nicht direkt nachvollzogen werden kann. Die in den verwandten Arbeiten dargestellten Systeme verfahren zudem in fest voneinander getrennten Lern- und Wirkphasen. Es ist daher der Frage nachzugehen, wie auf interindividuelle Unterschiede und auf dynamische Änderungen des Nutzerkonzepts von technischer Seite her eingegangen werden kann.



3 Faktorenmodell der Unterbrechbarkeit

In diesem Kapitel wird dargestellt, welche Faktoren Einfluss auf das Unterbrechbarkeitsniveau eines Wissensarbeiters an seinem Büroarbeitsplatz haben. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Faktorenmodell entwickelt, auf dessen Basis nachfolgend die verwandten Arbeiten auf diesem Forschungsgebiet klassifiziert werden. Anhand des Modells wird die Komplexität der Problematik dargestellt und weitere mögliche Forschungsaktivitäten in den Kontext der durchgeführten Arbeiten gesetzt.

3.1 Einleitung

Die Herausforderung bei der Unterstützung des Wissensarbeiters in der *A-priori-Phase* besteht darin, die möglichen Kosten sowie den möglichen Nutzen einer bevorstehenden Unterbrechung automatisiert zu schätzen und auf dieser Basis eine optimale Entscheidung für die weitere Verarbeitung eingehender Anfragen zu treffen. In Kapitel 2 wurden verschiedene mathematische Ansätze zur Modellierung des Unterbrechbarkeitskonzeptes diskutiert. Sind die Modellparameter identifiziert, muss in einem zweiten Schritt untersucht werden, wie diese operationalisiert werden können. Statische Parameter können im einfachsten Fall z.B. per Fragebogen oder Konfigurationsschnittstelle dem Modell zugefügt werden. Alle situationsspezifischen Parameter müssen per Sensor oder von einem darauf basierenden, höherwertigen informationsverarbeitenden System erfasst werden. Für beide Fälle müssen daher geeignete Messinstrumente identifiziert bzw. entwickelt werden. In dieser Arbeit wird der Ansatz verfolgt, dass Unterbrechbarkeitskonzept mit Hilfe von statistischen Modellen aus dem Maschinellen Lernen zu modellieren, da somit eine Adaptivität an den Nutzer gewährleistet werden kann. Beim Erstellen des hierzu benötigten Trainingsdatensatzes werden die aufgenommenen Kontextinformationen einer manuellen Bewertung (Feedback) durch den Benutzer hinsichtlich seines vorherrschenden Unterbrechbarkeitsniveaus unterzogen. Bei der Erstellung des Datensatzes können Inkonsistenzen im Konzept entstehen, die sich negativ auf die spätere Klassifikationsgüte auswirken. Diese Inkonsistenzen können sich ergeben durch:

- *Fehlerhafte Sensorwerte*: Der Nutzer gibt zwar konsistentes Feedback in zwei sich gleichenden Situationen, durch fehlerhafte Sensorwerte ergibt sich jedoch beim Vergleich der Merkmalsvektoren ein Unterschied, der als „Inkonsistenz“ interpretiert wird.
- *Konzeptdrift*: Der Nutzer gibt zu zwei sich gleichenden Situationen zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedliches Feedback, da sich sein Unterbrechbarkeitskonzept geändert hat.
- *Fehlerhaftes Feedback*: Der Nutzer gibt zu zwei sich gleichenden Situationen unterschiedliches Feedback, weil ihm in der einen Situation ein Fehler unterlaufen ist.
- *Fehlen diskriminanter Merkmale*: Der Nutzer gibt zu zwei scheinbar gleichen Situationen unterschiedliches Feedback. Um diese Situationen durch das System differenzieren zu können, fehlt jedoch ein diskriminantes Merkmal, das nicht durch einen Sensor oder sonstige Messinstrumente erfasst wird.

Werden *fehlerhafte Sensorwerte* aufgenommen, ist dies besonders in der Phase der Modellerstellung kritisch, da auf Basis eines fehlerhaften Modells nachfolgend auch keine fehlerfreie Auswertung durchgeführt werden kann. Je nach Relevanz des aufgenommenen Merkmals für das Unterbrechbarkeitskonzept muss daher bei der Umsetzung des eingesetzten Sensors bzw. Messinstruments auf eine hinreichende Güte geachtet werden.

Ändert der Nutzer während der Erstellung des Trainingsdatensatzes sein Konzept, beeinträchtigt der so entstehende *Konzeptdrift* die Güte des Modells, da nun ältere Trainingsinstanzen nicht mehr dem gewünschten Zusammenhang zwischen Kontext und Unterbrechbarkeitsniveau entsprechen. Eine Herausforderung beim Erkennen des Kontextdrifts besteht darin, den beabsichtigten Wechsel vom unbeab-

sichtigten *fehlerhaften Feedback* zu unterscheiden. Wie dies anhand von dynamisch angepassten Fenstergrößen des Trainingsdatensatzes ermöglicht werden kann, wird in [SHRS08] vorgestellt.

Fehlen in der Kontextbeschreibung *diskriminante Merkmale*, anhand derer unterschiedliche Situationen hinreichend unterschieden werden können, wird dies vor allem in der Auswertungsphase durch Fehlentscheidungen ersichtlich. Wird bei der maschinellen Auswertung das Unterbrechbarkeitsniveau zu restriktiv berechnet, werden eventuelle Kommunikationsanfragen und eingehende Nachrichten abgewiesen bzw. verzögert. Eine zu offene Entscheidungsfunktion erhöht dagegen die Unterbrechungskosten beim Empfänger. Um für die grundlegende Betrachtung des Unterbrechbarkeitskonzeptes die möglichen Faktoren systematisch zu analysieren, wurden die verwandten Arbeiten auf dem Gebiet der automatisierten Unterbrechbarkeitserkennung analysiert und auf deren Basis das Faktorenmodell in Abbildung 3.1 auf Seite 37 erstellt. Nach einer kurzen Einführung in die Struktur des Modells folgt eine ausführliche Beschreibung der Faktoren und deren Diskussion im Kontext relevanter Arbeiten.

3.1.1 Aufbau des Modells

Im Kern des Modells in Abbildung 3.1 steht der systematische Zusammenhang zwischen einer Unterbrechung und ihren beschreibenden Faktoren auf der linken Seite und die durch die Unterbrechung hervorgerufenen Auswirkungen beim Empfänger auf der rechten Seite.

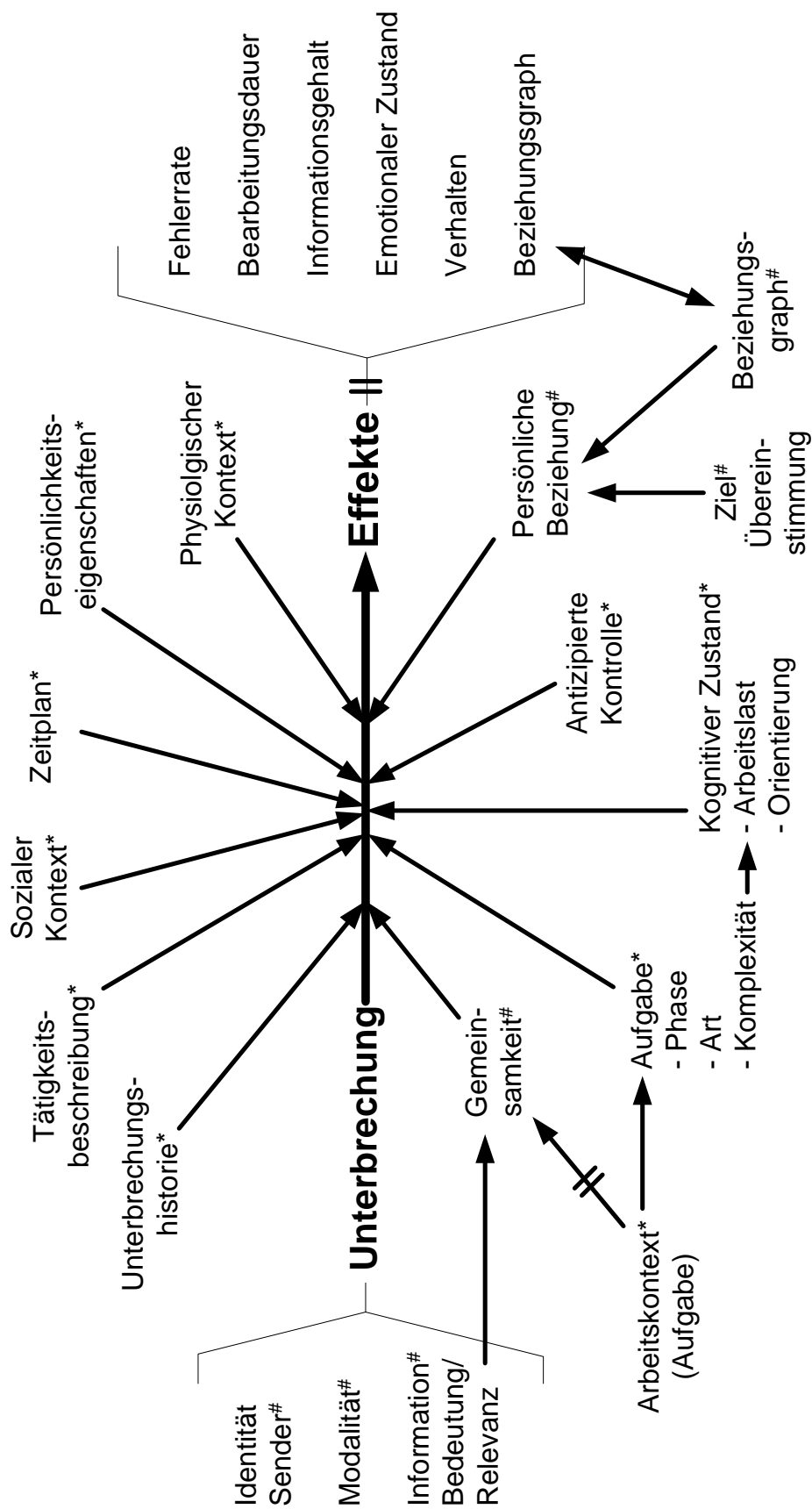
Die Unterbrechung wird durch die Variablen *Identität Sender*, *Modalität Unterbrechung*, *Dringlichkeit* bzw. *Wichtigkeit* und *Informationswert für den Empfänger* bzw. *Bedeutung und Relevanz* beschrieben. Dem stehen die Auswirkungen der Unterbrechung mit ihren Kurzzeit- bzw. Langzeiteffekten auf die *Fehlerrate*, die *Bearbeitungsdauer*, den *emotionalen Zustand*, auf das *Verhalten* und den *Beziehungsgraph* zwischen Sender und Empfänger gegenüber, sowie der durch die Unterbrechung vermittelte *Informationsgehalt*.

Im Rahmen der Modellbildung können diese beiden Gruppen von Faktoren bzw. Variablen auch als unabhängige (UV) bzw. abhängige Variablen (AV) angesehen werden. Bei der Untersuchung eines kausalen Zusammenhangs zwischen den Unterbrechungseigenschaften und den erfassten Auswirkungen würde man diese abhängigen und unabhängigen Variablen systematisch variieren, um die Auswirkungen der einzelnen Unterbrechungseigenschaften feststellen zu können.

Analog zu dieser Annahme werden die Faktoren bzw. Variablen entlang des Wirkpfades als Mediatorvariablen (MV) bezeichnet, da sie in einer Felduntersuchung nicht variiert, sondern lediglich festgehalten werden können. Zu den Mediatorvariablen zählen die *Unterbrechungshistorie*, die *Tätigkeitsbeschreibung*, die *Persönlichkeitseigenschaften*, der *soziale Kontext* und der *emotionale Zustand* des Empfängers. Des Weiteren gehören zu dieser Gruppe von Variablen die *persönliche Beziehung*, die *antizipierte Kontrolle* und der *Zeitplan*. Unter der Kategorie *Arbeitskontext* können ferner die Mediatoren *Einstellung* gegenüber der aktuellen Tätigkeit sowie deren *Art*, *Phase* und *kognitive Beanspruchung* gesehen werden. Die Mediatorvariable *Gemeinsamkeit* beschreibt die inhaltliche Überschneidung zwischen den Variablen Unterbrechungsinhalt und Arbeitskontext.

3.1.2 Unterbrechungsunabhängige und -abhängige Faktoren

Die Faktoren im vorgestellten Modell können weiter in die Arten *Unterbrechungsunabhängige* (UU) und *Unterbrechungsabhängige* (UA) Faktoren unterteilt werden. UU-Faktoren beschreiben den Kontext des Wissensarbeiters in Abwesenheit einer Unterbrechung und bilden somit die Basis für das *subjektiv empfundene Unterbrechbarkeitskonzept* des Empfängers. Das subjektiv empfundene Unterbrechbarkeitskonzept kann beispielsweise wie bei Fogarty [FHA⁺05] durch Selbstauskunft in unterschiedlichen Situationen ermittelt werden. Die zugehörigen Faktoren sind in der Abbildung 3.1 zur Differenzierung mit einem Stern (*) gekennzeichnet. Faktoren, die lediglich in Gegenwart einer Unterbrechung betrachtet werden können, bilden die Gruppe der *Unterbrechungsabhängigen* (UA) Variablen und sind in Abbildung 3.1 mit einer Raute (#) gekennzeichnet. Im Rahmen dieser Klassifikation und analog zu der Einteilung in UVn,



- * Faktoren – Unterbrechungsunabhängig (UU)
- # Faktoren – Unterbrechungsabhängig (UA)
- = Kurzzeit- und Langzeitebene

Abbildung 3.1: Faktoren zur Berechnung der Unterbrechungskosten

AVn und MVn ist ersichtlich, dass die übergeordneten UVn allesamt zu der Kategorie der UA-Faktoren gehören. Sie beschreiben die Merkmale der Unterbrechungen und können somit als UV-UA bezeichnet werden. Einige der Mediatorvariablen treten nur im Zusammenhang mit Unterbrechungen auf, daher werden die MVn differenziert in den Gruppen MV-UA und MV-UU beschrieben.

3.2 Abhängige Faktoren

Dieser Abschnitt geht auf die möglichen Auswirkungen einer spontanen Unterbrechung aus Sicht des Empfängers ein. Konkret werden verwandte Arbeiten vorgestellt, die den Einfluss von Unterbrechungen auf die *Fehlerrate*, die *Bearbeitungszeit* und den *emotionalen* Zustand des Empfängers untersuchen. Weiter wird auf Untersuchungen eingegangen, die die Änderungen im *Verhalten* der unterbrochenen Person analysieren. Da das Annehmen oder explizite Ablehnen einer Unterbrechung auch Auswirkungen auf einer höheren Beziehungsebene zwischen Sender und Empfänger haben kann, werden ebenfalls Arbeiten betrachtet, die sich mit den Auswirkungen auf den *Beziehungsgraphen* des Empfängers sowie mit dem *Informationstransfer* durch Unterbrechungen auseinandersetzen.

3.2.1 Fehlerrate

Wenn Unterbrechungen während eines Arbeitsprozesses auftreten, dann halten sie nicht nur den aktuellen Arbeitsfluss an, sondern können durch die Ablenkungsfunktion die weitere Leistung beeinflussen. Speier et al. [SVV97] untersuchen den Einfluss von Unterbrechungen auf die Fehlerrate bei einfachen am Computer durchgeführten Aufgaben, in denen Informationen nachgeschlagen, Zahlen verglichen, addiert und subtrahiert werden müssen. Wie vermutet zeigt sich, dass Unterbrechungen bei einfachen Aufgaben zu keinen Leistungseinbußen, sondern sogar zu einer Leistungssteigerung führen, wohingegen Unterbrechungen bei komplexen Aufgaben die Leistung verschlechtern. Das konnte in anderen Arbeiten weiterhin bestätigt werden [ZRLK99, SVV99, SVV03]. Es muss also hinsichtlich der Komplexität einer Primäraufgabe zur Auswirkung auf die Fehlerrate differenziert werden. Erklärt wird dieses Phänomen bereits ausführlich in Kapitel 2.2.1 durch das Yerkes-Dodson-Gesetz und der Ablenkungs-Konflikttheorie von [Bar86]. Neben der Tatsache, dass das Produktivitätsniveau nach Erregungslevel bis zu einem Sättigungspunkt gesteigert werden kann, kann dieses bei zu hoher Erregung auch wieder abfallen. Das passiert bei komplexen Aufgaben, die mehr kognitive Ressourcen beanspruchen, die aber eben nur begrenzt zur Verfügung stehen. Da nicht jede Unterbrechungssituation gleich gehandhabt wird, kommt es weiter auf die jeweilig verwendete Arbeitsstrategie an. McFarlane [MM99, McF02] hat dazu die vorgestellten Unterbrechungsmanagement-Strategien aus Kapitel 2.3.1 miteinander verglichen. Dabei zeigte sich, dass besonders die unmittelbare Verarbeitungsstrategie zu der höchsten Fehlerrate sowohl bei der Primär- als auch bei der Unterbrechungsaufgabe führt, während die Komponente *Pünktlichkeit* eingehalten werden kann. Somit lässt sich vermuten, dass zugunsten der Einhaltung zeitlicher Fristen die Qualität unter einer erhöhten Fehlerrate leidet. Nicht zuletzt hat auch die Unterbrechungshäufigkeit einen negativen Einfluss auf die Fehlerrate, wie [SVV99, BFS09] belegen. Die Fehlerrate ist somit ein beliebtes Mittel, Unterbrechungskosten messbar zu machen, da sie unter anderem wie Bearbeitungszeit leicht erfasst werden kann. Neben der Unterbrechung an sich und der Häufigkeit haben somit vor allem die Komplexität einer Aufgabe und die gewählte Managementstrategie den größten Einfluss auf die Fehlerrate. Weitere Informationen über den Einfluss von Unterbrechungen auf die Fehlerrate finden sich in [Lat98, BK06b, CA09].

3.2.2 Bearbeitungszeit

Gillie und Broadbent [GB89] stellten fest, dass Unterbrechungen die Gesamtbearbeitungszeit verlängern, womit die Verlängerung der Bearbeitungszeit aufgrund von Unterbrechungen somit als Messgröße

eingesetzt wird. Harman [Har06] untersuchte verschiedene Merkmale von Unterbrechungen innerhalb zielgerichteter Aufgabenbearbeitung. Dabei bestätigte sich, dass Unterbrechungen einen negativen Einfluss auf die Bearbeitungszeit haben. Es zeigte sich aber auch, dass das Komplexitätsniveau einer Unterbrechungsaufgabe ebenfalls die Bearbeitungszeit beeinflusst. So ist die Bearbeitungszeit bei komplexen Aufgaben im Vergleich zu einfachen Aufgaben länger. Es wird vermutet, dass komplexe Aufgaben mit einer höheren kognitiven Beanspruchung einhergehen [CCH00b, CCH01, SVV03]. Auch der Zeitpunkt einer Unterbrechung hat Einfluss auf die Bearbeitungszeit. Dabei kommt es zu längeren Bearbeitungszeiten, wenn eine Unterbrechung direkt während einer Primäraufgabe stattfindet, anstatt z.B. am Anfang oder Ende. Analog zur Verlängerung der Bearbeitungszeit der Primäraufgabe wirkt sich der Zeitpunkt der Unterbrechung auch auf die Bearbeitungszeit der Unterbrechungsaufgabe aus [BK06b]. Vergleichbare Ergebnissen zeigen sich in [CCH00a, CCH00c, MBDT, MBd04a]. Die Arbeiten belegen, dass eine längere Bearbeitungszeit durch eine verzögerte Rückorientierung in die Primäraufgabe entsteht. Eyrolle und Cellier [EC00] erklären, dass in Abhängigkeit von der Primäraufgabe eine erhöhte Bearbeitungszeit nicht direkt durch die Unterbrechung entsteht, sondern durch eine mehrfache Korrekturtätigkeit, um die möglicherweise entstehenden Fehler durch die Unterbrechung gering zu halten. Es macht jedoch einen Unterschied, ob eine Unterbrechung intern oder extern verursacht wird. Dass extern verursachte Unterbrechungen zu kürzeren Wiedereinarbeitungszeiten führen, kann allerdings darauf zurückgeführt werden, dass interne Unterbrechungen meist längere Pausen beinhalten [MGH05]. Inwiefern diese Beobachtungen generalisierbar sind, bleibt zunächst also fraglich. Weitere Arbeiten zu den Auswirkungen auf die Bearbeitungszeit als messbare Wirkung von Unterbrechungen sind in [SVV99, KM81, McF02, CHW04] zu finden.

3.2.3 Emotionaler Zustand

Ogleich sich Auswirkungen einer Unterbrechung auf die Fehlerrate nur im Kontext der Aufgabenart deuten lassen, werden negative Auswirkungen auf den emotionalen Zustand einheitlich bestätigt [Kir88, GB89, IB05a, MGK08, Har06].

Durch einen geeigneten Zeitpunkt lassen sich emotionale Auswirkungen von Unterbrechungen reduzieren. Ereignisse werden nach [AB04] in den Stufen *grob* und *fein* wahrgenommen, wobei der beste Unterbrechungszeitpunkt zwischen zwei groben Teilaufgaben liegt und der schlechteste zwischen zwei feinen. Sie stellten fest, dass sich durch die Wahl eines geeigneten Zeitpunktes negative Emotionen wie Frustration und Verärgerung signifikant reduzieren lassen. Der Unterbrechungszeitpunkt hat auch einen Zusammenhang mit dem Gefühl des Respekts. Unterbrechungen zu ungünstigen Zeitpunkten werden als Zeichen von Respektlosigkeit interpretiert. Bei der Umsetzung eines Virtuellen Assistenten könnten ungünstige Unterbrechungszeitpunkte dazu führen, dass der Benutzer die Unterstützung nicht akzeptiert. Auch die Ergebnisse von Bailey und Konstan [BK06b] können den Einfluss der Phase auf den emotionalen Zustand bestätigen. Zusätzlich zum Faktor *Zeitpunkt einer Unterbrechung* kann auch noch die wahrgenommene Komplexität einer Primäraufgabe den emotionalen Zustand beeinflussen. Je schwieriger eine Primäraufgabe wahrgenommen wird, desto störender wird eine Unterbrechung während dieser empfunden [BK06b, ELLE02]. Iqbal und Bailey fanden heraus, dass die empfundene Frustration durch eine Unterbrechung höher ausfällt, wenn der Inhalt der Unterbrechung nichts mit der aktuellen Primäraufgabe zu tun hat. Auch wenn eine Unterbrechung erst Frustration erzeugt, so kann das Erkennen des Inhalts, wenn er relevant für die eigene Aufgabe ist, den Effekt wieder umkehren [IB08, ELLE02]. Zijlstra et al. [ZRLK99] zeigen weiterhin, dass sich mit steigender Erfahrung hinsichtlich des Umgangs mit Unterbrechungen die emotionalen Auswirkungen reduzieren lassen.

3.2.4 Kognitiver Zustand

Die kognitive Arbeitslast kann einmal als aktueller Zustand und damit als Randbedingung einer kommenden Unterbrechung berücksichtigt und damit zur Kostenberechnung herangezogen werden. Zum

Anderen kann sich die kognitive Arbeitslast aber auch durch eine Unterbrechung verändern; dann spricht man von der Auswirkung einer Unterbrechung auf den kognitiven Zustand. Die Darstellung von Informationen an Punkten geringerer mentaler Last hat geringere Kosten zur Folge. So zeigen Bailey und Iqbal [BBI08] anhand von Aufnahmen der Blickausrichtung, dass (a) sich die mentale Last während der Bearbeitungszeit von zielgerichteten Aufgaben ändert, (b) sich eine relative Verringerung der mentalen Arbeitslast an den Transitionspunkten in Bezug auf die vorher durchgeführte Aufgabe beobachten lässt, (c) der Abfall der mentalen Arbeitslast proportional höher ist an Aufgabenübergängen, die höher in der Aufgabenstruktur sind und (d) unterschiedliche Unteraufgaben unterschiedliche mentale Arbeitslast induzieren. Dabei werden aufmerksamskeitsrelevante Ressourcen nicht zu Beginn einer Aufgabe statisch, sondern während des Ausführungsprozesses dynamisch verteilt.

3.2.5 Verhalten

Im Zuge häufiger Unterbrechungen kann es bewusst wie unbewusst zu Verhaltensänderungen kommen, um die bereits entstanden oder entstehenden Kosten zu minimieren. Wie Beobachtungsstudien belegen, treten bei übermäßigen Arbeitsunterbrechungen Verhaltensänderungen auf, im Zuge derer beispielsweise der Arbeitsplatz an einen ruhigeren ungestörten Arbeitsort verlegt wird [Per99, HCKE02]. Hudson [HCKE02] differenziert in seinen Beobachtungen Manager in zwei unterschiedliche Gruppen von Wissensarbeitern, hinsichtlich der Verwendung von störungsfreien Zeiten. Während es einem Teil der Testpersonen leicht fiel, sich während der unterbrechungsfreien Zeit selbst zu regulieren und sich vermehrt auf die Primäraufgabe zu konzentrieren, neigte die andere Gruppe dazu, sich vermehrt intern selbst zu unterbrechen, indem beispielsweise das E-Mail-Postfach häufig kontrolliert wurde. In Interviews mit den Beteiligten sprachen diese von der Unfähigkeit, sich hinreichend auf die Primäraufgabe fokussieren zu können. Eine ebenfalls typische Strategie- bzw. Verhaltensänderung ist eine schnellere Arbeitsweise, um den verursachten Zeitverlust durch die Unterbrechung kompensieren zu können [OF95, ZRLK99, SVV03]. Steigt durch eine erhöhte Unterbrechungsanzahl die kognitive Beanspruchung und wird Zeitdruck wahrgenommen, kann es nach [Kir88] wiederum zu einer Strategieänderung kommen, bei der Aufgaben nach einer direkten Arbeitsweise (*immediate*) immer mehr der Reihe nach bearbeitet werden, die einer *Delayed*-Strategie gleichkommt. Weiter untersuchten Iqbal und Bailey [IH07] in einer Feldstudie das Verhalten beim Wechsel zwischen verschiedenen Arbeitsaufgaben. Sie stellten fest, dass PC-Nutzer zustandsstabilisierende Handlungen durchführen, bevor sie sich der Unterbrechungsaufgabe zuwenden, um danach die Primäraufgabe schneller wieder aufnehmen zu können. Es werden Verzögerungen in Abhängigkeit von der Neuheit und dem Aufmerksamkeitsfokus auf die Primäraufgabe vor der Unterbrechung beobachtet, sowie eine geringere Aufgabenfokussierung in der Wiedereinarbeitungsphase. Visuelle Hinweise fungieren hier als Erinnerung an die aufgeschobene Aufgabe und erleichtern die Wiedereinarbeitung. Carton [CA09] spricht in diesem Zusammenhang von so genannten *Bewältigungsmechanismen*, die aktiviert werden, wenn das Auftreten von Unterbrechungen nicht verhindert werden kann. Auch das Einhalten kurzer Pausen vor dem Eingang einer Unterbrechung wirkt sich positiv auf die Wiederaufnahme der Primäraufgabe aus [TABM03].

3.2.6 Auswirkungen auf den Beziehungsgraphen

Wie in Kapitel 2 bei der Modellierung der Kosten-Nutzen-Gegenüberstellung einer Unterbrechung diskutiert, muss nach Grandhi und Jones [SQ09] die Ebene der persönlichen Beziehung als Faktor in die Entscheidungsfunktion mit aufgenommen werden. Dies impliziert im Umkehrschluss, dass die Entscheidung, die Unterbrechung durch eine Person anzunehmen oder abzulehnen, sich wiederum auch auf die Beziehungsebene auswirkt. Man stelle sich vor, dass jeglicher Kontaktversuch des Senders vom Empfänger abgelehnt wird. Ist der Grund der Ablehnung nicht ersichtlich, muss der Sender davon ausgehen, dass der Empfänger seine Ressource *Aufmerksamkeit* nicht für ihn zur Verfügung stellen möchte, was sich wiederum auf die Beziehungsebene auswirkt. Die Beziehungsebene kann hierbei unterschiedlich beschrie-

ben werden. Da in diesem Anwendungsfall überwiegend Informationen und Aufmerksamkeitsressourcen getauscht und zur Verfügung gestellt werden, kann die Bereitschaft zur Kommunikation durch den Grad an Reziprozität beschrieben werden. Der aus der Soziologie stammende Begriff der Reziprozität bezeichnet die Gegenseitigkeit in einem Austauschverhältnis, wozu auch der Austausch der Ressource *Zeit* in Form von Aufmerksamkeit gezählt werden kann. Zur Darstellung sozialer Beziehungen können graphenbasierte Modelle verwendet werden, deren Knoten die Subjekte und die gerichteten Kanten die Stärke der Bindung bzw. im Fall der Reziprozität den Grad der Verpflichtung zu einer Gegenleistung darstellen. Bei der Entscheidungsfindung wird der Empfänger demnach mit berücksichtigen, welche Auswirkungen ein direktes Annehmen oder Ablehnen auf die soziale Beziehung und somit auf den Beziehungsgraphen hat.

Die soziale Beziehung zwischen Sender und Empfänger wurde als wesentlicher Faktor während der Entscheidungsfindung durch verwandte Arbeiten untersucht (siehe Abschnitt 3.3.2). Als abhängiger Faktor beschreibt die Auswirkung auf den Beziehungsgraph jedoch nicht die Frage nach der vorherrschenden Beziehung, sondern die durch den Empfänger zu bewertende Auswirkung auf die Beziehung in Abhängigkeit seiner Entscheidung. Geht man davon aus, dass die direkte Bearbeitung der Unterbrechung das Beziehungsverhältnis ausbaut und ein wiederholtes Ablehnen oder Ignorieren dieses schmälert, sind die zu erwartenden Auswirkungen direkt als Teil der Unterbrechungskosten anzusehen.

3.2.7 Informationstransfer

Den Kosten, die durch eine Unterbrechung verursacht werden, steht ein möglicher Informationsgewinn bzw. Informationswert für den Empfänger gegenüber [Mil06], vor allem dann, wenn sich die Informationen für die Arbeitsvorgänge des Empfängers aktuell oder aber auf längere Sicht als nützlich erweisen [HCKE02]. In einer Untersuchung von Unterbrechungen mittels Videoaufnahmen von [OF95] zeigt sich bezüglich des Nutzens durch eine persönliche Unterbrechung, dass in 43.2% aller Fälle sowohl Sender als auch Empfänger vom Informationsaustausch profitieren. Im Fall eines einseitigen Nutzens liegt dieser zu 32.8% beim Sender und nur in 20.8% beim Empfänger. Generell ist es daher schwierig, a priori den Nutzen der Unterbrechung einzuschätzen, ohne den Inhalt durch den Empfänger bewerten zu lassen. So kann die Unterbrechung emotional als störend eingestuft werden, sich dies aber beim Dekodieren des Inhaltes umkehren [IB08]. Zur Bewertung des Nutzens der Information für den Empfänger kann entweder (a) die Einschätzung des Senders verwendet werden, die allerdings wie in [FHA⁺05] gezeigt immer dem Eigennutzen des Senders unterliegt. Oder es kann auf (b) Empfängerseite versucht werden, auf Basis der Identität des Senders einen Schätzwert zu ermitteln, da für unterschiedliche Personen im Beziehungsgraph die Wahrscheinlichkeit, eine nützliche Information zu erhalten, unterschiedlich verteilt ist.

3.3 Unterbrechungsabhängige Mediatoren

Im folgenden Abschnitt wird näher auf die unterbrechungsabhängigen Mediatoren eingegangen. Diese beziehen sich auf die so genannten Randbedingungen, die bei der Initiation von Unterbrechungen entstehen bzw. auftreten. Wenn es zu einer Unterbrechung kommt, treten jeweils zwei Instanzen in Interaktion miteinander. Dabei spielt zum einen die *soziale Beziehung* der Beiden eine Rolle bei der Entscheidung, ob und wie auf die Unterbrechung reagiert wird und welche Auswirkungen die Unterbrechung unter gewissen sozialen Aspekten hat. Zum anderen kann auch die *Gemeinsamkeit von Arbeitskontext und eingehender Information* vor allem den Umgang mit Unterbrechungen beeinflussen.

3.3.1 Gemeinsamkeit von Arbeitskontext und eingehender Information

Das Unterbrechbarkeitsmodell zeigt eine Verknüpfung zwischen der eingehenden Information durch eine Unterbrechung und deren Bedeutung für den Arbeitskontext auf zweierlei Weise, einmal auf kurze

und einmal auf lange Sicht, wie in Abbildung 3.1 durch den Doppelstrich kenntlich gemacht. Der kurzfristige Aspekt adressiert die Relevanz der Information für die aktuelle Primäraufgabe, da der Inhalt der eingehenden Information Einfluss auf die Bearbeitung der aktuellen Tätigkeit hat [ELLE02]. So beeinträchtigen Unterbrechungen mit irrelevantem Inhalt beispielsweise die Entscheidungszeit bei Aufgaben, die dies erfordern, nicht jedoch die Entscheidungsgenauigkeit [SVV99]. Eine Information, deren Inhalt irrelevant für die aktuelle Tätigkeit ist, kann weiter aufgegliedert werden in entweder „generell irrelevant“ oder in „momentan irrelevant“, aber auf lange Sicht bedeutsam. Somit kann eine Information aktuell unbedeutend, aber für andere Arbeitsbereiche oder in der Zukunft liegenden Aufgaben nützlich sein. Der Nutzen von Informationen kann automatisch höher sein, wenn die Arbeitskontexte von Sender und Empfänger ähnlich sind, beispielsweise durch die Zusammenarbeit an einem Projekt. Liegt ein gemeinsames Anliegen vor sowie eine ähnliche soziale Identität, werden die Nachrichten dieser Personen als wichtiger wahrgenommen, eher priorisiert und eventuelle Abgabefristen stärker fokussiert als bei ungleichen Arbeitskontexten. Es zeigt sich auch, dass E-Mails von Mitarbeitern generell als wichtiger wahrgenommen werden als die E-Mails anderer Personen. Der ähnliche Arbeitskontext führte in der Untersuchung von Dabbishs [Dab06] dazu, dass Teams sowohl die ausführliche als auch die begrenzte Form von Verfügbarkeitsinformationen nutzten. Demnach kommt einer ähnlichen Arbeitsphäre eine hohe Bedeutung beim Umgang mit Unterbrechungen hinzu.

3.3.2 Soziale Beziehung

Im Gegensatz zum Beziehungsgraphen im Sinne einer Reziprozität geht eine persönliche Beziehung über das Handlungsprinzip gegenseitiger Gefälligkeiten hinaus. Sie entsteht allenfalls als Folge eines länger andauernden Austauschs von Gefälligkeiten. Eine persönliche Beziehung zu einem anderen Menschen ist dadurch gekennzeichnet, dass das Denken, Handeln und Fühlen gegenseitig aufeinander bezogen ist. Bei Freundschaften ist dies häufig in ausgeprägtem Maße der Fall, aber auch andere Arten gemeinsamer Vergangenheit sowie die Antizipation von zukünftiger Zusammenarbeit fördern die gegenseitige Rücksichtnahme [DK04]. Die Enge einer Beziehung erhöht dabei die Bewusstheit über die stattfindende Kommunikation und kann sich, ebenso wie ein gemeinsames Anliegen, positiv auf den Umgang mit einer Unterbrechung auswirken. Ausgehend von gemeinsamen Aktivitäten kann sich eine soziale Gruppenidentität ergeben, die dazu führt, dass Initiatoren von Kommunikation vorsichtiger vorgehen und den Kontext des Unterbrochenen stärker in Betracht ziehen, bevor sie eine Unterbrechung initiieren. Dabbish [Dab06] entwickelte ein Modell der Initiation und Antwort auf eine Kommunikation, das zeigt, dass Sender und Empfänger bei einer Kommunikation die Wichtigkeit und Dringlichkeit sowohl ihres eigenen Anliegens als auch der Arbeit der jeweiligen anderen Person berücksichtigen. Besteht ein gemeinsames Anliegen und eine ähnliche soziale Identität, werden Nachrichten eher priorisiert und schneller beantwortet und die eigene Arbeit dafür zurückgestellt, um die gemeinsame Aufgabe voranzutreiben. Der Status des Senders hat sich dabei als unerheblich für die wahrgenommene Wichtigkeit der Kommunikation erwiesen [Dab06]. Die Förderung der Zusammenarbeit sowie die Bereitschaft, Anderen ohne eigenen Gewinn zu helfen, kann sich wiederum auch langfristig negativ auf den Fortschritt der eigenen Aufgabenbewältigung auswirken. In Bezug auf Unterbrechungen profitieren in den meisten Fällen (43.2%) jedoch beide von dem stattfindenden Informationsaustausch [OF95]. Wenn nur einer von beiden profitiert, ist das häufiger der Initiator der Unterbrechung (32.8%) als der Empfänger (20.8%). Fogarty [FHA⁺05] konnte in einer Untersuchung feststellen, dass Außenstehende die Verfügbarkeit Anderer höher einschätzen als diese selbst und daher häufiger Unterbrechungen initiieren, die somit ihnen selbst mehr nutzen als dem Unterbrochenen. Die soziale Beziehung hat somit Einfluss sowohl auf die Zusammenarbeit, die im Arbeitskontext stattfindet, als auch auf die gegenseitige Rücksichtnahme und die Initiation und Annahme von Unterbrechungen.

3.4 Unterbrechungsunabhängige Mediatoren

Der Abschnitt der unterbrechungsunabhängigen Mediatorvariablen stellt die Faktoren vor, die in der Arbeitssituation eines Wissensarbeiters vorherrschen und ebenfalls indirekt Einfluss auf die Auswirkungen der Unterbrechungen nehmen können. Dazu gehören auf einer übergeordneten Ebene die durch die *Organisationsstruktur* bestimmten Rahmenbedingungen der Arbeitssituation, der *soziale Kontext* sowie die zu bearbeitende *Aufgabe*. Ob eine Unterbrechung direkt angenommen und bearbeitet wird, hängt von der *Unterbrechungshistorie*, dem *Zeitplan* und auch von der *Antizipation von Unterbrechungen und deren Kontrolle* ab. Es werden Arbeiten vorgestellt, die die Bedeutung des inneren Zustands des Wissensarbeiters auf einer *emotionalen*, *kognitiven* und *physiologischen* Ebene beschreiben, die sich auch dynamisch an veränderte Situationsbedingungen anpassen können. Als statische Variablen werden hier ebenfalls relevante *Persönlichkeitsmerkmale* beschrieben.

3.4.1 Unterbrechungshistorie

Die Häufigkeit von Unterbrechungen hat einen negativen Effekt auf deren Auswirkungen. Mit steigender Anzahl von Unterbrechungen steigt neben dem zu bewältigenden Arbeitsaufwand auch die Wiedereinarbeitungszeit [ZRLK99]. Je häufiger man unterbrochen wird, desto schlechter gestaltet sich die kognitive Auslastung und desto schwieriger ist es, eine Aufgabe auszuführen [BFS09]. Auch die Entscheidungszeiten bei Aufgaben, die dies erfordern, werden länger und die Fehlerrate erhöht sich [SVV99].

Eine höhere Unterbrechungshäufigkeit wirkt sich auch auf den Umgang mit Unterbrechungen aus. Bei seltenen Unterbrechungen bietet sich die direkte Bearbeitung der Unterbrechung an, um möglichst schnell und effizient zur Primäraufgabe zurückkehren zu können. Steigt die Anzahl der Unterbrechungen, die eine direkte Bearbeitung erfordern, fühlen sich Personen nach [Kir88] ausgelastet und arbeiten hastiger. Um diesen negativen Zustand zu kompensieren, wird die Strategie des Unterbrechungsmanagements geändert und die Aufgaben werden immer mehr nach deren eintreffenden Reihenfolge bearbeitet, was ebenfalls bedeutet, dass die Bearbeitung mancher Aufgaben aufgeschoben wird.

Eine Studie über den Zusammenhang zwischen der Verwendung von Instant Messenger (IM) und Unterbrechungen [GD07] ging der Vermutung nach, dass Personen, die in ihrem täglichen Arbeitskontext häufig den Computer nutzen, häufiger unterbrochen werden. Es konnte jedoch keine vermehrte Kommunikation durch IM festgestellt werden, was die Vermutung nahelegt, dass das Kommunikationsmedium lediglich von Face-to-Face, Telefon und E-Mail zu Videotelefonie und Chat gewechselt wurde, sich jedoch nicht die Unterbrechungshäufigkeit generell erhöhte.

3.4.2 Organisationsstruktur

Die jeweilige Organisationsstruktur gibt die Rahmenbedingungen der angestellten Mitarbeiter vor. In kleineren Firmen kann es aus Gründen der Kosteneffizienz bzw. Rentabilität notwendig sein, dass Mitarbeiter zusätzlich verschiedene Tätigkeiten übernehmen müssen, um gegenüber größeren Firmen wettbewerbsfähig zu bleiben [Tet99]. Die Einflüsse der Organisationsstruktur können sich auf weiteren Ebenen auswirken, wie z.B. auf der Projektebene. Es kann erforderlich sein, dass Angestellte in mehreren Projekten gleichzeitig involviert sind, was prinzipiell die Wahrscheinlichkeit vermehrten Multitaskings erhöht.

Tätigkeitsbeschreibung

Unabhängig vom organisatorischen Hintergrund einer Arbeitsstelle kann es Bestandteil einer Tätigkeit sein, mehr oder weniger mit Unterbrechungen umgehen zu müssen, wie beispielsweise eine Position in einem Call-Center oder eines persönlichen Assistenten. In einer Fragenbogenerhebung von [DG05] zeigt sich, dass eine Sekretärin sehr viele Informationen über den Arbeitskontext ihres Vorgesetzten erhält und gleichzeitig in hohem Maße autorisiert ist, andere zu unterbrechen, um der auferlegten Mediationsfunktion gerecht zu werden.

Umgebung

Neben der Organisationsstruktur stellt auch die vorhandene Arbeitsumgebung eine Randbedingung des Unterbrechungskontextes dar. Das Arbeiten in einem Großraumbüro ermöglicht einen schnellen und unkomplizierten Informationsaustausch, verringert jedoch die Wahrscheinlichkeit, über längere unterbrechungsfreie Zeiten zu verfügen [Tet99]. Mark et al. [MGH05] beobachten jedoch, dass offenen Büros die Möglichkeit bieten, für längere Zeitspannen ungestört zu arbeiten, was darauf zurückzuführen ist, dass das Unterbrechbarkeitsniveau der Mitarbeiter leichter eingeschätzt werden kann.

3.4.3 Persönlichkeitsmerkmale

Unabhängig von Unterbrechungen bestehen interindividuelle Unterschiede im Arbeitsverhalten, die sich auf das Unterbrechungsmanagement auswirken können. Mark, Gudith und Klocke [MGK08] untersuchten unter anderem, ob eine höhere Ausprägung der Persönlichkeitsdimension „Offenheit für neue Erfahrungen“ die Kosten von Unterbrechungen mildern kann. Erfasst wurde die Offenheit durch die entsprechende Skala des *NEO-Fünf-Faktoren-Inventar* (NEO-FFI). Außerdem wurde das „Persönliche Bedürfnis nach Struktur“ durch eine Skala des *Need for Cognitive Closure/Personal Need for Structure Inventory* (NFCC) erfasst. Sie stellten fest, dass eine höhere Offenheit für neue Erfahrungen einhergeht mit einer schnelleren Bearbeitung unterbrochener Aufgaben. Die Offenheit für neue Erfahrungen lässt sich somit einsetzen, um die Zeit vorauszusagen, die eine Person für die Bearbeitung einer Aufgabe trotz Unterbrechungen braucht. Personen mit höherem Bedürfnis nach Struktur bearbeiten unterbrochene Aufgaben ebenfalls schneller als Personen mit niedrigerem Strukturbedürfnis. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Personen mit ausgeprägterem Strukturbedürfnis ihre Zeit besser handhaben können, wenn sie gestört werden, und daher die Kosten einer Unterbrechung geringer ausfallen.

Im Kontext persönlichkeitsbedingter Unterschiede im Unterbrechungsmanagement wird häufig das Phänomen der *Polychronizität* diskutiert. Eine erste Definition beschreibt Hall [KW10] Polychronizität als die Präferenz für die gleichzeitige Ausführung mehrerer Aufgaben zu einem Zeitpunkt. Monochronizität ist dementsprechend das Präferieren einer sequentiellen Aufgabebearbeitung. König und Waller [KW10] regen in ihrer kritischen Revision des Polychronizitätskonzepts dazu an, den Begriff Polychronizität ausschließlich zur Bezeichnung der Präferenz zu verwenden und die aus der polychronen Neigung entstehenden Verhaltensweisen mit dem Begriff des Multitaskings zu beschreiben. Sie weisen auch darauf hin, dass für die Vergleichbarkeit von Untersuchungen zur Polychronizität die Definitionselemente Zeit und Aufgabe jeweils kontextabhängig und -relevant definiert und den Probanden explizit vermittelt werden müssen. Zur Exploration der Ursachen einer zeitbezogenen Präferenz wurden zunächst verschiedene Kulturen untersucht, die sich jedoch nicht in ihrer Polychronizität signifikant unterschieden [NTF05, KW10]. Bezogen auf die Persönlichkeitsmerkmale des NEO-FFI besteht eine schwache Korrelation zwischen Extraversion und Polychronizität insofern, als dass Personen mit höherer Ausprägung auf der Extraversionsskala die gleichzeitige Ausführung mehrerer Aufgaben eher präferieren. Hieraus lässt sich beispielsweise schließen, dass für Aufgaben, die Multitasking und daher Polychronizität erfordern, extravertiertere Personen besser geeignet sein könnten. Die weiteren vier Persönlichkeitsdimensionen wiesen keine Zusammenhänge mit Polychronizität auf [KW10].

Polychron und monochron orientierte Personen weisen signifikant verschiedene Arbeitsweisen auf [ZGPL05], die auch zu Unterschieden im Unterbrechungsmanagement führen können. Monochron orientierte bearbeiten erst eine Aufgabe und beenden diese möglichst, bevor sie sich einer anderen zuwenden. Polychrone dagegen bearbeiten mehrere Aufgaben gleichzeitig, indem sie zwischen beiden wechseln, wie [ZGPL05] im Bereich der Prozesskontrolle zeigt. Die monochron, polychron oder neutral ausgeprägte Strategie zur Bearbeitung der Aufgabe blieb dabei gleich, jedoch zeigten sich in dieser Untersuchung signifikante Leistungsunterschiede. Die polychron orientierten Probanden machten weniger Fehler und konnten ihre Fehleranzahl bei der Einarbeitung in die Aufgabe schneller reduzieren als monochron orientierte. Weitere Studien zu Leistungsunterschieden zwischen Polychronizität und Monochronizität zeigten jedoch heterogene Ergebnisse [KK04], so dass keiner der beiden Präferenzstile als

dem anderen überlegen bezeichnet werden kann. Es lässt sich jedoch die Aussage treffen, dass polychron orientierte Personen eine bessere Leistung zeigen bei Aufgaben, die Multitasking erfordern. Im Kontext des Wissensarbeiters kann es vorkommen, dass Multitasking häufig ausgeführt werden muss, obwohl keine eindeutige Präferenz dafür vorhanden ist. Hier besteht ein gewisses Konfliktpotential, das Individuen teilweise lösen, indem sie eine Präferenz für Multitasking entwickeln, um die bestehende Divergenz zwischen zeitbezogener Präferenz und auszuführender Tätigkeit kognitiv zu reduzieren. Dadurch steigt ebenfalls die individuelle Ausprägung der Polychronizität.

Polychronizität kann Einfluss haben auf das Wohlbefinden im Kontext der Passung zwischen Person und Arbeitsplatz bzw. Tätigkeit. Hecht und Allen [HA05] fanden in diesem Zusammenhang eine positive Korrelation zwischen Polychronizität und Arbeitszufriedenheit. Arndt et al. [AAL06] konnten bei Einzelhandelsverkäufern 4.3% der Gesamtvarianz der Arbeitszufriedenheit durch eine polychrone Orientierung erklären, die damit einen direkten Effekt auf die Arbeitszufriedenheit hat. Ein indirekter Effekt entsteht außerdem durch eine positivere Wahrnehmung der organisationalen distributiven Fairness bei höherer polychroner Orientierung. Eine höhere Arbeitszufriedenheit und höhere wahrgenommene distributive Fairness verringern wiederum die Fluktuationsintention des Personals. Generell ist das Wohlbefinden im Arbeitskontext höher, wenn die Arbeitsstelle bereithält, was das Individuum braucht [HA05], was sich auch positiv auf das Unterbrechungsmanagement auswirken kann. [NTF05] stellten außerdem in ihrer interkulturellen Studie fest, dass Individuen mit gutem Zeitmanagement zufriedener sind mit ihrer Arbeit.

Bei der Entwicklung eines sensorgestützten Virtuellen Assistenten kann man diese Persönlichkeitsmerkmale, die das individuelle Unterbrechungsmanagement beeinflussen, einbeziehen, indem man sie als statische Variablen erhebt, auswertet und dem System als Informationsquelle zugrunde legt. Die Persönlichkeitsdimensionen *Offenheit für neue Erfahrungen* und *Extraversion* lassen sich mit dem NEO-FFI erfassen und zur Diagnostik der Polychronizität werden das *Inventory of Polychronic Values* (IPV) und der *Modified Polychronic Attitude* häufig verwendet [KW10].

3.4.4 Sozialer Kontext

Wissensarbeit besteht zwar in weiten Teilen aus Einzelaufgaben, ist jedoch stets in einen sozialen Kontext eingebettet, deren bedeutsamster Bestandteil die Kommunikation ist. In diesem sozialen Rahmen können sich Kommunikationen jedoch auch negativ auswirken in Form der bereits diskutierten Unterbrechungskosten, die nicht nur negative Effekte für den Kommunikationsempfänger auslösen.

Auch die unmittelbare Umgebung kann von einer Unterbrechung betroffen sein. In einer wichtigen Unterhaltung der Personen A und B über ein Projekt stört schon eine kurze Unterbrechung in Form eines Anrufs einer dritten Person C. Auch wenn dieser durch das Telefonat vielleicht nützliche Informationen erhält, kann für die Dauer der Unterbrechung das Gespräch mit B nicht weitergeführt werden. So geht vor allem wertvolle Zeit für den wartenden Gesprächspartner B verloren. [VNM02] beschreibt in seiner Untersuchung über Kommunikationskollisionen im IM ein ähnliches Phänomen.

Eine andere soziale, kostenverursachende Situation ist die, in der sich eine Person an einem öffentlichen Ort aufhält. In einem Museum kann sie durchaus verfügbar sein, jedoch kann ein lautes Telefonklingeln die Personen in der unmittelbaren Umgebung stören [KS06]. Somit kann die persönliche von der Umgebungsunterbrechbarkeit abweichen [KASS04]. Um diese Differenz zu überbrücken und Störungseffekte zu vermeiden, haben Kern und Schiele [KS03] ein System entwickelt, das mittels tragbarer Sensoren die eigene Verfügbarkeit sowie die der Umgebung erfasst und die Notifikationsintensität an die aktuelle Situation anpassen kann (z.B. Anzeige, Vibrieren, Klingeln).

3.4.5 Emotionaler Zustand

Unterbrechungen können sich, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, negativ auf den emotionalen Zustand auswirken. Darüber hinaus existiert unabhängig von einer Unterbrechung bereits ein emotionaler Zustand, der sich wiederum auf die Leistung auswirken kann.

Harman untersucht in [Har06], inwieweit negative Gefühle die weitere Produktivität in zielgerichteten Arbeitsprozessen beeinträchtigen. Um ein Gefühl von Angst/Beunruhigung hervorzurufen, täuscht sie einigen Teilnehmern vor, noch während des Experiments für ein wichtiges Treffen ihres Dissertationskomitees im Anschluss eine fünfminütige Präsentation über die persönliche Strategiewahl im Experiment inklusive Begründung zu benötigen. Dabei zeigte sich, dass Unterbrechungen, die den aktuellen Arbeitsprozess aufhalten und dabei zu negativen Emotionen (Beunruhigung) führen, die weitere Aufgabenproduktivität beeinflussen. Bezeichnet wird dies von [BGR94] als negative Zieldiskrepanz.

3.4.6 Kognitiver Zustand

Der kognitive Zustand als eine Randbedingung des Kontextes wird hier auf zwei verschiedenen Ebenen betrachtet. Die kognitive Arbeitslast ist maßgeblich abhängig vom Aufgaben- und Umgebungskontext, der von außen auf den Wissensarbeiter einwirkt. Obwohl die mentale Auslastung bzw. die *kognitive Arbeitslast* zunächst unabhängig von Unterbrechungen vorhanden ist, kann sie dennoch die Auswirkungen der Unterbrechungen zusätzlich beeinflussen. Analog dazu kann der innere, von der Umgebung unabhängige kognitive Zustand Einfluss auf das Arbeitsverhalten und den Umgang mit Unterbrechungen haben, der im Folgenden als *Handlungs-* bzw. *Lageorientierung* beschrieben wird.

Kognitive Arbeitslast

Das Ausmaß der kognitiven Arbeitslast hängt von der Beanspruchung der verfügbaren mentalen Ressourcen ab. Je nach Aufgabenart werden unterschiedliche kognitive Prozesse (visuell, analytisch, kreativ) ausgeführt, die die verfügbaren mentalen Ressourcen unterschiedlich stark beanspruchen. Die kognitiven Prozesse können darüber hinaus in ihrer individuellen Komplexität variieren, so dass ein kognitiver Arbeitsprozess, beispielsweise die kritische, analytische Betrachtung eines theoretischen Modells, unterschiedlich stark kognitiv beanspruchend sein kann. Dabei spielt auch die Anzahl der zu verarbeitenden Informationseinheiten und deren Verknüpfung eine Rolle.

Die kognitive Arbeitslast ist nicht nur von der Aufgabe und ihrer Komplexität abhängig, sondern auch von interindividuellen Unterschieden zwischen Personen. Basoglu, Fuller und Sweeney [BFS09] untersuchten den Zusammenhang zwischen Unterbrechungshäufigkeit, Aufgabenkomplexität und individuellen Charakteristika und setzten dabei kognitive Mediatoren als vermittelnde Variablen zwischen Unterbrechungsantezedens und nachfolgender Leistung ein. Diese kognitiven Mediatoren untergliederten sie in verschiedene Arten von Selbstwirksamkeit und fanden signifikante Interaktionen zwischen der Multitasking-Computer-Selbstwirksamkeit und der Unterbrechungshäufigkeit sowie zwischen der Unterbrechungsmanagement-Selbstwirksamkeit und der Unterbrechungshäufigkeit. Höhere Ausprägungen dieser Selbstwirksamkeitsarten verringern somit die kognitive Auslastung bei gleichzeitig eintretenden Unterbrechungen. Die Häufigkeit von Unterbrechungen hat wiederum einen signifikant negativen Einfluss auf die kognitive Auslastung.

Iqbal und Bailey [IB05a] schließen aus den Ergebnissen ihrer Untersuchung, dass die mentale Arbeitslast ein guter Prädiktor für günstige und ungünstige Unterbrechungszeitpunkte darstellt, da Unterbrechungen zu günstigen Momenten konsistent zu weniger Störungseffekten führen. Eine Möglichkeit, die kognitive Arbeitslast zu erfassen, ist die Beobachtung und Messung der Pupillenweite. Eine höhere Fokussierung auf die Aufgabe geht mit stärkerer Konzentration auf die Aufgabe einher, durch die sich die Pupillenweite vergrößert. Bailey et al. [BBI07] entwickelten das Analyseprogramm TAPRAV, welches Daten der Pupillenerweiterung parallel zu den jeweils bearbeiteten Aufgabeneinheiten in Bezug

setzt. Die Pupillenerweiterung dient dabei als verlässlicher Prädiktor der mentalen Arbeitslast. So ist es möglich, relativ einfach, aber gezielt herauszufinden, wie hoch die kognitive Beanspruchung bestimmter Aufgabensequenzen ist, um daraus günstige Unterbrechungszeitpunkte ableiten zu können.

Handlungs- und Lageorientierung

Der kognitive Zustand einer Person sowie die damit verbundene Ausführung einer Absicht hängt nach Goschke [Gos02] unter anderem davon ab, wie sehr und auf welche Weise die Person ihre Absichten und Aktivitäten kontrolliert. Befindet sich die Person in einem *handlungsorientierten* Zustand, ist die Initiierung beabsichtigter Handlungen gut gebahnt und es fällt leicht, Handlungen auszuführen und mittels Handlungskontrollstrategien aufrechtzuerhalten. Im *lageorientierten* Zustand dagegen ist die Fähigkeit, beabsichtigte Handlungen zu initiieren sowie volitionale Strategien effizient einzusetzen, beeinträchtigt, so dass die Ausübung einer Tätigkeit wesentlich schwerer fällt. Diese Schwierigkeit, Handlungen in die Tat umzusetzen, ist im (a) prospektiven lageorientierten Zustand verbunden mit einer übermäßigen Zögerlichkeit, während im (b) misserfolgsbezogenen lageorientierten Zustand die Handlungsausführung durch die Fokussierung auf negative emotionale Erlebnisse tiefer gehend beeinträchtigt ist. Hat eine Person zuvor einen Misserfolg erlebt, hemmt dies die Ausführung einer Tätigkeit im misserfolgsbezogenen Zustand umso stärker. Unabhängig von den situativen Anforderungen bleiben im lageorientierten Zustand unerledigte Absichten stärker im Bewusstsein und hemmen die Ausführung weiterer Aktionen, während im handlungsorientierten Zustand die Aufrechterhaltung von Absichten flexibler an die situativen Anforderungen, wie beispielsweise Unterbrechungen, angepasst werden kann [Gos02].

3.4.7 Antizipation von Unterbrechungen und deren Kontrolle

Ein Aspekt, der die Auswirkungen und den Umgang mit Unterbrechungen beeinflussen kann, ist die Antizipation bevorstehender Unterbrechungen. Wenn die Möglichkeit besteht, sich auf Unterbrechungen vorzubereiten, indem über mögliche Unterbrechungen vorab informiert wird, kann es nach Carton und Aiello [CA09] zu einer Steigerung der Leistung kommen. Jedoch reduzierte die Antizipation von Kontrolle in dieser Untersuchung wider Erwarten nicht das erreichte Stresslevel der Versuchspersonen. Somit ist die Vorabinformation über bevorstehende Unterbrechungen keine eindeutige Möglichkeit, die Unterbrechungskosten zu reduzieren, da die Erwartung einer stressigen Situation an sich bereits zu Stress führen kann. Andererseits kann das Wissen um bevorstehende Unterbrechungen Bewältigungsmechanismen aktivieren, die den Stress und die Auswirkungen der Unterbrechung wiederum reduzieren können. Carton und Aiello untersuchten gleichzeitig, welche Einflüsse die Möglichkeit der Kontrolle über Unterbrechungen auf das Stressempfinden hat. Sie stellten fest, dass keine der Versuchspersonen die Möglichkeit nutzte, Unterbrechungen durch Hinweisschilder oder Türschließen abzuwehren. Allein die wahrgenommene Kontrolle führte jedoch bereits dazu, dass sie sich weniger gestresst fühlten als die Personen der Kontrollgruppe.

Milewski stellte in [Mil06] fest, dass die Möglichkeit der Kontrolle im Bereich der Filterung von Telefonanrufen häufig genutzt wird, um den Zeitpunkt der Bearbeitung des Anrufs selber bestimmen zu können. In Abhängigkeit von der Identität des Anrufers, der Dringlichkeit und des Anrufgrunds wird ein Anruf durch die auf den Anrufbeantworter aufgesprochene Nachricht zeitgleich nur zur Kenntnis oder direkt entgegengenommen. Somit ist das Filtern von Telefonanrufen eine übliche, bewusste Strategie des Unterbrechungsmanagements und hat für die Personen, die es anwenden, einen hohen Wert durch die antizipierte Kontrolle.

3.4.8 Zeitplan

Inwieweit der Empfänger sich auf eine Unterbrechung einlässt, ist grundsätzlich von seinen verfügbaren Zeitressourcen abhängig bzw. von seiner individuellen Arbeitsplanung. Da dieser Faktor vom Virtuel-

len Assistenten nicht ohne eine explizite Nutzereingabe in Erfahrung gebracht werden kann, soll im Folgenden auf die Problematik hinsichtlich des Zeitmanagements durch spontane Unterbrechungen eingegangen werden.

Die negativen Auswirkungen inadäquaten Zeitmanagements wurden bereits vielfach diskutiert [Per99, KK04]. König und Kleinmann [KK07] stellten im Rahmen von Untersuchungen individueller Zeitpläne fest, dass Menschen stets an der Aufgabe mit dem höchsten Nutzen arbeiten. Dabei entstehen jedoch temporäre Konflikte zwischen der Nützlichkeit und den zeitlichen Bedingungen der zu erfüllenden Aufgaben. Wenn sich ein Wissensarbeiter einer Störung zuwendet, kann ihm diese kurzfristig von Nutzen sein („Smaller but Sooner“, SS), jedoch vernachlässigt er darüber seine eigentlich zu lösende Primäraufgabe, deren Nutzen erst zu einem späteren Zeitpunkt deutlich wird („Larger but Later“, LL). Rückt jedoch eine Frist für die Erfüllung seiner Primäraufgabe näher, gelangen auch die Konsequenzen dieses Verhaltens wieder stärker in den Fokus und der Wissensarbeiter verbringt weniger Zeit mit Unterbrechungen. Dieses Problem lässt sich abmildern, indem Entscheidungen bezüglich des Zeitmanagements nicht nur aus der Perspektive des aktuellen Zustands getroffen werden, sondern auch die Anforderungen des zukünftigen Zustands mitberücksichtigt werden. An diesem Ansatzpunkt könnte der Virtuelle Assistent eine zusätzliche Hilfe darstellen, den Fokus auf längerfristig anvisierte Ziele zu verstärken, indem der Empfänger gegenüber kleineren Unterbrechungen minderer Priorität abgeschirmt wird.

In [BTSY02a] wurde die Gestaltung individueller Tagesabläufe und Zeitpläne untersucht. Begole, Tang, Smith und Yankelovich entdeckten dabei eine so genannte Pufferzeit von bis zu 20 Minuten, die vor und nach einem längeren Meeting oder Termin liegt und während der das Aktivitätslevel und die Verfügbarkeit rapide absinken. Diese Zeit wird vermutlich zur Vor- und Nachbereitung oder für den Weg zum Treffpunkt genutzt, so dass Unterbrechungen in diesem Zeitraum als ungünstig betrachtet werden können.

Gewisse Zeiträume innerhalb eines Arbeitstages, die günstig für Unterbrechungen eingestuft werden, konnten Hudson, Christensen, Kellogg und Erickson in ihrer Studie [HCKE02] über die Zeit und über mehrere Individuen hinweg relativ konsistent ausfindig machen. Obwohl es fraglich ist, inwieweit die Aussagen generalisierbar sind, liefert die Studie dennoch den Hinweis, dass es im Arbeitsalltag auf natürliche Weise feste Phasen geben kann, die prinzipiell für Unterbrechungen besser geeignet sind. Denn für ein effizientes Unterbrechungsmanagement kann es nicht Ziel sein, lediglich die Anzahl der Unterbrechungen zu reduzieren, sondern vielmehr auf einen effizienten Umgang mit Unterbrechungen zu achten, beispielsweise durch die Wahl des bestmöglichen Zeitpunktes.

3.4.9 Physiologischer Kontext

Die Auswirkungen von Unterbrechungen auf emotionaler und kognitiver Ebene können neben typischen Leistungsdaten wie Bearbeitungszeit und Fehlerrate auch direkt physiologisch gemessen werden. Chen und Vertegaal entwickelten in [CV04] ein System zur Regulation von Notifikationen in Abhängigkeit des kognitiven Zustandes. Die mentale Arbeitslast wird dabei durch physiologische Messungen der elektrischen Gehirnaktivität und der Herzfrequenzvariabilität bestimmt. Der Prototyp kann anhand der gemessenen Daten zwischen vier Aufmerksamkeitsstadien (Pause, Bewegung, Denken und Beschäftigt) unterscheiden und konnte bei einer Stichprobengröße von sechs Personen in 83% der Fälle die Stadien anhand von Bewegungen wie Entspannen, Gehen, Lesen oder Schreiben richtig klassifizieren. Weitere geeignete physiologische Methoden zur Feststellung der Unterbrechbarkeit werden im Folgenden vorgestellt.

Pupillenerweiterung

Die Pupillenweite ändert sich in Abhängigkeit des physiologischen Aktivierungspotentials, so dass die Messung der Pupillenweite Aufschluss geben kann über den mentalen oder emotionalen Belastungszustand einer Person. Bailey, Busbey und Iqbal [BBI07] entwickelten dazu das interaktive Analysepro-

gramm TAPRAV, das die Daten der Pupillenerweiterung in Beziehung zu den jeweils ausgeführten Aufgabeneinheiten setzt und somit Rückschlüsse auf die mentale Beanspruchung einzelner Aufgabensequenzen zulässt [BBI07]. Neben der Pupillometrie kann auch die Verfolgung des Blickverhaltens (Eyetracking) Hinweise auf die kognitive Auslastung und damit auf die Unterbrechbarkeit geben.

Elektroenzephalographie (EEG)

Mit dem Elektroenzephalogramm (EEG) wird die elektrische Aktivität des Gehirns durch Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche aufgezeichnet. Diese Methode wird bereits in der Forschung zur Mensch-Maschine-Interaktion zur Messung der kognitiven Arbeitslast eingesetzt. Grimes et al. zeigen in [GTH⁺08], dass mithilfe der EEG ein Klassifikationsmodell aufgestellt werden kann, anhand dessen es mit wenig Trainingsmaterial möglich ist, die Arbeitslast zu messen und mit hoher Genauigkeit zu klassifizieren.

Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP)

Im Vergleich zum Elektroenzephalogramm, das kontinuierlich die Spontanaktivität des Gehirns misst, werden die Wellenformen, die in zeitlicher Verknüpfung zu psychologisch bedeutsamen Ereignissen vorkommen, als ereigniskorrelierte Potentiale (EKP) bezeichnet. EKP sind folglich all die Signale, die vor, während oder nach einem sensorischen, motorischen oder psychischen Ereignis gemessen und damit in Bezug gesetzt werden können. Sie können auf die Aktivierung von Verarbeitungsressourcen und damit auf das Ausmaß der Arbeitslast hinweisen [Kok97].

Herzfrequenzvariabilität (HRV)

Die Herzfrequenzvariabilität oder auch Herzratenvariabilität (HRV) bezeichnet die Fähigkeit eines Organismus, die Herzfrequenz zu verändern. Die spontanen Variationen der zeitlichen Abstände zwischen zwei Herzschlägen variieren breiter in Situationen körperlicher oder psychischer Beanspruchung, so dass sich Rückschlüsse auf den kognitiven Zustand und damit auf die Unterbrechbarkeit ziehen lassen [RSI98].

Funktionelle Nah-Infrarotspektroskopie (fNIRS)

Die funktionelle Nah-Infrarotspektroskopie (fNIRS) ist eine Methode zur Lokalisation kognitiver und emotionaler Prozesse im Gehirn. Die Aktivität eines Gehirnareals wird durch die Fähigkeit des Hämoglobins (Blutsauerstoff), das in den Cortex gestrahlte Licht aus dem nah-infraroten Bereich des Lichtspektrums zu absorbieren, gemessen. So kann zwischen hoher und niedriger Sauerstoffkonzentration unterschieden und damit auf eine Aktivität im jeweiligen Hirnareal geschlossen werden. Girouard et al. konnten in [GSH⁺09] anhand der Daten der fNIRS einen signifikanten Unterschied zwischen Phasen eines Spiels und Pausen feststellen sowie verschiedene Schwierigkeitsstufen des Spiels identifizieren. Damit stellt die fNIRS eine weitere Möglichkeit dar, die kognitive Arbeitslast über die üblichen Leistungsdaten wie Bearbeitungszeit oder Fehlerrate hinaus festzustellen.

3.4.10 Aufgabe

Die Aufgabe stellt eine bedeutsame Randbedingung der Unterbrechbarkeit dar. Je nach Aufgabenstellung, Aufgabenart, der jeweiligen Informationsdichte oder Komplexität wirkt sie unterschiedlich kognitiv beanspruchend und kann die Unterbrechbarkeit damit unterschiedlich stark beeinflussen. In [AB04]

stellten Adamczyk und Bailey fest, dass die mentale Forderung bei der Bearbeitung einer Filmsequenz im Vergleich zu einer Textbearbeitung und einer Internetrecherche am höchsten ist. Unterbrechungen bei dieser Aufgabe mit dem höchsten mentalen Aufwand wirkten sich am schlechtesten im Bezug auf die Gesamtbearbeitungszeit und das Erleben negativer Emotionen aus.

Aufgabenart

Arbeitsaufgaben im Bereich der Wissensarbeit können nach Nippa [Nip88] in vier Bereiche eingeteilt werden, von denen in dieser Arbeit die Kreativaufgaben, die regelbasierten und die Routineaufgaben genauer betrachtet werden. Bei Einzel- oder Kreativaufgaben ist keine Lösung vorgegeben, so dass die Bearbeitung dieser Aufgabenart mit einer hohen Schwierigkeit einher geht, die eine hohe Konzentration erfordert. Regelbasierte Aufgaben können nach weitgehend vorgegebenen Mustern ausgeführt werden und besitzen daher eine mittlere Aufgabenschwierigkeit. Routineaufgaben sind wohlstrukturiert und über längere Zeiträume hinweg gleichbleibend und besitzen daher eine niedrige Aufgabenschwierigkeit. Die Schwierigkeit dieser Aufgabenart wirkt sich unmittelbar auf die kognitive Auslastung aus.

Eine Aufgabe kann unterschiedliche kognitive Prozesse beinhalten, die Spiekermann und Romanow [SR08b] auflisten als (a) analytische, (b) visuelle, (c) koordinative, (d) mechanische, (e) das Erinnerungsvermögen involvierende und (f) Sorgfältigkeit erfordernde Prozesse. Der Begriff der Aufgabenart wird in der verwandten Literatur heterogen gehandhabt, so dass die verschiedenen Studien unterschiedliche Definitionen und Aspekte der Aufgabenart untersuchen.

Speier [SVV03] unterscheidet zwischen symbolischen und räumlichen Aufgaben. Symbolische Aufgaben wie das Spezifizieren von Daten oder Budget-Analysen beanspruchen das analytische Denkvermögen. Bei räumlichen Aufgaben werden eher visuelle Vergleiche von beispielsweise Graphen angestellt und bestimmte Trends identifiziert. Der kognitive Arbeitsprozess dahinter vollzieht sich sozusagen auf der Wahrnehmungsebene. Beide Aufgabenarten, die unterschiedliche kognitive Prozesse beanspruchen, können in ihrer Komplexität, also Schwierigkeit, zusätzlich variieren. Czerwinski [CCH00b] stellte fest, dass unterschiedlich komplexe Aufgabenstellungen bei einer visuellen Suchaufgabe unterschiedlich stark kognitiv beanspruchend waren und zu unterschiedlich langen Bearbeitungszeiten führten. Cutrell et al. [CCH01] konnte diese Ergebnisse replizieren. Somit wirkt sich die Aufgabenart auf die kognitive Beanspruchung und damit auch auf die Unterbrechbarkeit aus.

Komplexität

Zusätzlich zur Aufgabenart kann wie erwähnt auch das Komplexitätslevel variieren. Eine Aufgabe wird mit Zunahme der zu nutzenden Informationseinheiten und der dadurch steigenden mentalen Arbeitslast komplexer [SVV03]. Speier, Vessey und Valacich konnten bereits in einer früheren Untersuchung zeigen, dass sich Unterbrechungen auf einfache und schwierige Aufgaben unterschiedlich auswirken. Es zeigte sich, dass es bei einfachen Aufgaben zu keinen Leistungseinschränkungen, eher sogar zu einer leichten Leistungssteigerung kommt. Bei schwierigen Aufgaben hingegen beeinträchtigten Unterbrechungen die Leistung. Zur Erklärung dieses Phänomens wird die in den psychologischen Grundlagen erwähnte Ablenkungs-Konflikttheorie von [Bar86] herangezogen. Nach einer Unterbrechung geht durch den Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus Verarbeitungskapazität verloren. Gleichzeitig findet eine Aktivitätserhöhung statt, um den Aufmerksamkeitsverlust oder in diesem Fall den Zeitverlust durch eine fokussierte Arbeitsweise zu kompensieren. So konzentriert sich der Unterbrochene gezielt auf das Wesentliche der Primäraufgabe und übergeht dabei irrelevante Informationen. Bei komplexen Aufgaben, die durch mehr Informationseinheiten mehr kognitive Arbeitslast beanspruchen, kann die oberflächliche Arbeitsweise hingegen Fehler begünstigen. Dieses Phänomen bestätigte sich weitestgehend in [SVV03]. Bailey und Konstan [BK06b] untersuchten die Auswirkungen von Unterbrechungen in Abhängigkeit verschiedener Aufgabenarten und ihrer Schwierigkeit. Sie stellten fest, dass Unterbrechungen bei schwierigeren

Aufgaben als störender empfunden werden. Die Komplexität einer Aufgabe wirkt sich ebenfalls auf die Rückorientierungszeit nach einer Unterbrechung aus [CHW04].

Phase

Die Bearbeitung einer Aufgabe gleichgültig welchen Typs vollzieht sich in mehreren Teilschritten. Da die kognitive Auslastung zwischen diesen Schritten variieren kann, ist der Zeitpunkt der Unterbrechung bzw. der Abschnitt der Aufgabe, während dessen Bearbeitung die Unterbrechung eintritt, entscheidend für die Unterbrechungskosten. Bereits Zijlstra et al. [ZRLK99] beobachten, dass direkt zugelassene Unterbrechungen als störender empfunden werden als Unterbrechungen, die aufgeschoben und später bearbeitet werden, und erklären dieses Phänomen mit der Aufsplittung einer Aufgabe in Teilaktivitäten. Nach Beendigung einer solchen Teilaktivität werden die mentalen Kapazitäten, die zuvor für diese Aufgabe benötigt wurden, wieder freigegeben und sind somit für die nächste Aufgabe wieder verfügbar [Wic02]. Dass Unterbrechungen an den Transitionsunkten aufgrund geringer mentaler Last geringer Kosten verursacht, wird mehrheitlich bestätigt [ELLE02, MN86, BBI08].

Nach McFarlane [MM99] argumentiert heißt dies, dass somit nur die Person selbst am besten weiß, zu welchen Zeiten eine Unterbrechung störend oder weniger störend ist. Durch Beobachtungen und Selbstauskunft der Probanden war es Iqbal möglich, mithilfe statistischer Verfahren günstige und ungünstige Unterbrechungsmomente für verschiedene Aufgabenarten zu identifizieren. Obwohl zwischen den günstigen und anderen Unterbrechungspunkten nur wenige Sekunden lagen, zeigte sich eine signifikante Minderung der Störungseffekte. Die mentale Arbeitslast wurde hier über die Pupillenweite operationalisiert und zeigte somit einen guten Prädiktor für günstige und ungünstige Unterbrechungsmomente [BBI08]. In späteren Studien wurden die günstigen Unterbrechungsmomente (Übergangspunkte zu einer anderen Unteraufgabe) in Klassen nach feinen, mittleren und groben Zeitpunkten klassifiziert [IB07]. So konnte gezeigt werden, dass ein Aufschieben der Notifikation bis zu den Unterbrechungspunkten Frustration und Reaktionszeit verringern kann, während Unterbrechungen zu ungünstigen Zeitpunkten die Bearbeitungsdauer verlängern können [BK06b, MBDT, MBd04a].

Czerwinski und Cutrell [CCH00a, CCH00c, CCH01, CHW04] teilen die Phasen einer einzelnen Aufgabe in die Teilabschnitte *Planung*, *Ausführung* und *Evaluation* ein. Ihre Untersuchungen zeigen, dass sich Unterbrechungen in der Evaluationsphase, einem Teilabschnitt in dem die kognitive Last am höchsten ausfällt, da hier die gesammelten Informationen aufgearbeitet und verknüpft werden müssen, am negativsten auswirken. So lässt sich festhalten, dass bei der Suche nach günstigen Unterbrechungspunkten neben dem Nutzer- und Umgebungskontext vor allem der Aufgabenkontext und der zeitliche Ablauf der Teilaktivitäten berücksichtigt werden sollte [GS05].

3.5 Unabhängige Faktoren

Beim Auftreten einer Unterbrechung stehen dem Empfänger zusätzliche Informationen zur Verfügung, auf deren Basis er die Entscheidung für sein weiteres Vorgehen stützen kann. Diese Informationen werden durch die Faktoren *Subjekt Sender*, *Dringlichkeit/Wichtigkeit*, *Inhalt*, *Modalität* der Unterbrechung, sowie der erwarteten *Unterbrechungsdauer* beschrieben. Die Merkmale der Unterbrechung haben somit eine Auswirkung auf die möglichen Unterbrechungskosten. Die in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Mediatorvariablen bilden somit die umliegenden Randbedingungen, die zusätzlich auf den Wirkungspfad einwirken.

3.5.1 Subjekt Sender

Durch die Identifikation des Senders wird der Raum, in dem die zu erwartende Information interpretiert werden kann, bereits eingegrenzt. Es werden mögliche Inhalte identifiziert sowie die persönliche

Einstellung gegenüber dem Sender rekapituliert, die bei der Entscheidungsfindung wesentlichen Einfluss nimmt.

In einer Umfragestudie zum Telefon-Screening stellte Milewski [Mil06] fest, dass die Identität des Senders als wichtigster Entscheidungsindikator angesehen wird, ob ein Gespräch direkt angenommen wird oder nicht. Harman [Har06] erhält in seinen Untersuchungen eine differenziertere Betrachtungsweise. Es zeigt sich, dass Unterbrechungen am Arbeitsplatz durch Freunde oder Familienangehörige als störender empfunden werden als Unterbrechungen durch Arbeitskollegen. Erklärt wird diese Kategorisierung dahingehend, dass die Nutzer den Erhalt arbeitsirrelevanter Informationen unterbinden möchten bzw. dass für die Kommunikation mit dieser Personengruppe eine emotionalen Einstellung benötigt wird, die nicht in den Kontext der Arbeitsumgebung passt.

3.5.2 Dringlichkeit/Wichtigkeit

Milewski [Mil06] identifiziert die Dringlichkeit in seiner Umfragestudie zum Telefon-Screening als zweitwichtigsten Faktor für die Entscheidungsfindung, wobei diese durch die emotionale Stimmlage des Senders übermittelt wird. Mit der vermittelten Dringlichkeit können des Weiteren Hinweise über die zukünftige Verfügbarkeit des Senders übermittelt werden [Yan96]. Die Wichtigkeit einer Nachricht kann ebenfalls aufgrund der Überschneidung des Arbeitskontextes von Sender und Empfänger ermittelt werden. Dabbish [Dab06] zeigt in ihren Experimenten zum Kommunikationsaufbau, dass Anfragen des Senders als wichtiger eingestuft und eher beantwortet werden, wenn beiden Parteien an der gleichen Aufgabe arbeiten.

3.5.3 Inhalt

Nach den Untersuchungen von Milewski sind Informationen über den Inhalt oder Grund eines Anrufs weniger wichtig, als Subjekt oder Dringlichkeit hinsichtlich der Entscheidung, ob ein Gespräch angenommen wird oder nicht [Mil06]. Ein Grund für die relativ geringe Relevanz dieses Merkmals im Vergleich zur Dringlichkeit wird dadurch gegeben, dass auf der Empfängerseite nur bedingt eingeschätzt werden kann, inwieweit die eingehende Information vor allem auf lange Sicht nützlich sein kann. Dennoch können Unterbrechungen ohne inhaltliche Überschneidung für den Nutzer als wertvoll bzw. als wenig aufdringlich und irritierend wirken, wenn (a) die Primäraufgabe extern motiviert durchgeführt wird und/oder (b) die Unterbrechung Unterhaltungscharakter besitzt [ELLE02]. Speier [SVV99] zeigte unter anderem, dass der Inhalt der Unterbrechung Einfluss auf die Arbeitsleistung haben kann. Weiter zeigen die Arbeiten, dass sich bei Unterbrechungen mit Inhaltsbezug zur Primäraufgabe eine Reduzierung der Entscheidungszeit ergibt, da vermutlich die Rückorientierung nach der Unterbrechungsaufgabe leichter fällt. Ein Unterschied in der Entscheidungsgenauigkeit ist bei den experimentellen Untersuchungen nicht zu erkennen [SVV99].

3.5.4 Modalität

Wie in den psychologischen Grundlagen zur Kapazitätstheorie von Kahneman [Kah73] dargestellt, kommt es zu einer Strukturbeeinträchtigung, wenn zwei Reize dieselbe kognitive Struktur beanspruchen, wie beispielsweise bei der Darbietung zweier visueller Reize. Hingegen liegt eine Kapazitätsbeeinträchtigung vor, wenn zwei Reize unterschiedlicher kognitiver Struktur vorliegen. Allport et al. [AAR72] zeigen, dass die strukturelle Beeinträchtigung durch zwei gleiche Reizstrukturen zu einer höheren Minderung des Leistungsniveaus führt, was durch Arbeiten von Czerwinski et al. gestützt wird [CCS91].

Latorella [Lat98, Lat99] differenziert in seinen Experimenten diese Aussage, indem sowohl die Leistung in der Primär- als auch in der Unterbrechungsaufgabe erhoben wird. Es zeigt sich, dass die Leistung einer Strukturbeeinträchtigung auf visueller Ebene sich zu Gunsten der Unterbrechungsaufgabe

auswirkt, während eine Kapazitätsbeeinträchtigung sich zu Gunsten der Leistung in der Primäraufgabe (visuell) auswirkt, anstatt zur Unterbrechungsaufgabe (auditiv).

Im Faktorenmodell liegt die Hauptaufmerksamkeit auf den Auswirkungen von Unterbrechungen auf die Primäraufgabe. Dennoch sollte die Auswirkungen auf die Leistung der Unterbrechungsaufgabe nicht gänzlich vernachlässigt werden, da bei einer geforderten Güte der Unterbrechungsaufgabe eventuell die Entscheidung, den Nutzer zu unterbrechen, neu ausgehandelt werden muss.

Neben der Modalität des Unterbrechungsreizes, zeigt sich in den Untersuchungen von Speier et al. [SVV97], dass das Darstellungsformat einer Aufgabe die negativen Folgen einer Unterbrechung schmälern kann. So wird bei Unterbrechungen während einer Primäraufgabe mit komplexen symbolischen Artefakten eine bessere Leistung erzielt (Entscheidungsgenauigkeit und -zeit), wenn Graphen anstatt Tabellen bei der Bearbeitung zur Verfügung stehen.

3.5.5 Unterbrechungsdauer

Ein weiteres Merkmal der Unterbrechung ist der Zeitraum, für den die Unterbrechung voraussichtlich anhält. Gillie und Broadbent [GB89] zeigten, dass die Länge der Unterbrechung nicht ausschlaggebend dafür ist, ob eine Unterbrechung als störend empfunden wird oder nicht. Jedoch wirkt sich die Dauer der Unterbrechung auf die Zeit aus, die zur Wiedereinarbeitung in die Primäraufgabe benötigt wird. Monk, Boehm-Davis und Trafton [MBDT] konnten dies im Kontext der Auswirkungen fahrzeuginterner Informationssysteme auf die Fahreraufmerksamkeit bestätigen, wobei die Bedienung eines Informationssystems für die Dauer von 13 Sekunden eine längere Rückorientierungszeit provozierte als Unterbrechungen von 3 oder 8 Sekunden.


Die erwartete Unterbrechungsdauer lässt sich im täglichen Arbeitskontext meist schwer abschätzen, jedoch lassen sich Hinweise aus der Identität des Senders, aus dem Situationskontext und aus dem Grund für die Unterbrechung ableiten. Diese Informationen werden im Bereich der Filterung von Telefonanrufen durch das gleichzeitige Mithören der auf den Anrufbeantworter gesprochenen Nachricht häufig genutzt, um die erwartete Länge abzuschätzen. Sie spielt jedoch nur eine Nebenrolle bei der Entscheidung, ob der Anruf direkt oder zu einem späteren Zeitpunkt beantwortet wird [Mil06].

3.6 Herausforderungen bei der Analyse des Unterbrechbarkeitskonzepts

Das Ziel des Virtuellen Assistenten besteht darin, das nutzerspezifische Unterbrechbarkeitskonzept anhand von Sensorinformationen in Kombination mit manuellem Nutzerfeedback maschinell zu erlernen. Das Faktorenmodell gibt einen Überblick über Einflussgrößen, die (a) die Unterbrechungskosten determinieren, (b) beschreibende Merkmale des Unterbrechbarkeitskonzepts darstellen und (c) bei Nichtbetrachtung als mögliche Störgrößen auf den Modellierungsprozess einwirken. Aus der umfassenden Darstellung verwandter Arbeiten stellt sich die pragmatische Frage, welche der Faktoren den höchsten Beitrag für das Konzept bzw. für die Kosteninferenz darstellen und mit welchem Aufwand diese operationalisiert werden können.

In einem ersten Schritt kann die Komplexität dadurch reduziert werden, dass lediglich Faktoren in Betracht gezogen werden, die das unterbrechungsunabhängige Unterbrechbarkeitskonzept beschreiben. Bereits auf dieser Ebene gilt es zu untersuchen, inwieweit das Konzept eine gewisse zeitinvariante Konsistenz aufweist, vor allem wenn weiche Faktoren wie emotionale und kognitive Zustände nur unzureichend erfasst werden können.

Bei einer Erweiterung um die unterbrechungsunabhängigen Faktoren stellt sich weitergehend die Frage, inwieweit mit dem Empfänger übereinstimmende Aussagen getroffen werden können. So ist ersichtlich, dass aufgrund eines fehlenden Weltmodells die Dringlichkeit einer eingehenden Nachricht nur in Grenzen inferiert werden kann. Auch mag sich unersichtlich für den Virtuellen Assistenten die soziale Beziehung zu einem Sender dahingehend verändert haben, dass dieser mit einem Mal höchste Priorität



zugeordnet wird und dieser jederzeit berechtigt ist, den Empfänger zu unterbrechen. Diese Fragestellungen werden sich daher nur auf Basis empirischer Untersuchungen im Feld beantworten lassen, was eine vollständige Umsetzung des Virtuellen Assistenten voraussetzt.

4 Bedarf für ein sensorgestütztes Unterbrechungsmanagement-System

Im Rahmen der Dissertation wurde in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe *Kognitionspsychologie*¹ eine Umfragestudie durchgeführt, die eine Einschätzung über den Bedarf an Unterstützung beim Störungsmanagement, die Akzeptanz von Sensorik im Arbeitsumfeld und die individuellen Unterschiede in der Unterbrechbarkeit gibt [KET⁺10]. In diesem Kapitel werden der erarbeitete Fragebogen, die erhobene Stichprobe und die Ergebnisse der Befragung vorgestellt.

4.1 Ausgangslage

Kapitel 3 zeigt in der Analyse der Einflussfaktoren zur Ermittlung des Unterbrechbarkeitsniveaus, dass die Auswirkungen bzw. Kosten einer Unterbrechung unter anderem abhängig von der vorherrschenden kognitiven Arbeitslast sind. Es zeigt sich, dass die Arbeitslast wiederum einen starken Zusammenhang mit dem Anforderungsgrad bzw. der Art der aktuellen Aufgabe aufweist. Die Aufgabenart wurde wie ebenfalls in Kapitel 3 dargestellt in (a) Routineaufgaben, (b) regelbasierte Aufgaben und (c) Einzel- bzw. Kreativaufgaben unterteilt und klassifiziert.

Da das Unterbrechbarkeitskonzept des Wissensarbeiters seine Regeln und Verhaltensweisen widerspiegelt, wie er in einem gegebenen Kontext eine Unterbrechung handhabt bzw. welchen Umgang er damit wünscht, ist anzunehmen, dass ihm bewusst ist, welche Auswirkungen die Unterbrechung zur Folge haben könnte. Bei der Untersuchung des Unterbrechbarkeitskonzepts stellen sich daher die Fragen:

- Ob ein Wissensarbeiter in Abhängigkeit der Art der aktuellen Aufgabe die Auswirkungen einer Unterbrechung auf seinen emotionalen und kognitiven Zustand einschätzen kann.
- Ob sich hieraus eine Konsequenz ableiten lässt, die eine Verhaltensänderung bzw. eine veränderte Wahl seiner Unterbrechungs-Kontroll-Strategien ergibt.
- Inwieweit individuelle Unterschiede dahingehend vorhanden sind, wie restriktiv der Wissensarbeiter generell mit möglichen Unterbrechungen umgeht.

Da die untersuchte Stichprobe zu Teilen auch für eine spätere Felduntersuchung des Unterbrechungsmanagement-Systems in Betracht kam, sollten neben den obigen Fragen zum Unterbrechbarkeitskonzept auch generelle Einschätzungen ermittelt werden:

- Wie sich die Arbeitszeit bei den befragten Wissensarbeitern auf die unterschiedlichen Aufgabenarten verteilt. Hierdurch sollte eine Einschätzung ermöglicht werden, welche Kostenfaktoren wie z.B. Fehlerrate oder Wiedereinarbeitungszeit durch Unterbrechungen verursacht werden und wie sich diese Kosten, je nach Art der Unterbrechung, auf diese Faktoren verteilen.
- Wie häufig spontane Unterbrechungen erlebt werden und wie lange durchschnittlich für die Phase der Wiedereinarbeitung schätzungsweise benötigt wird.
- Inwieweit ein Bedarf an einer Assistenz beim Management von Unterbrechungen am Arbeitsplatz generell gesehen wird.
- Inwieweit die prinzipielle Bereitschaft vorhanden ist, Sensorinformationen über den eigenen Arbeitskontext zur Ermittlung des Unterbrechbarkeitsniveaus Dritten zur Verfügung zu stellen.

¹ Institut für Psychologie der TU Darmstadt, geleitet durch Prof. Ellermeier

4.2 Methode

Der im Rahmen dieser Dissertation entwickelte vierblättrige und doppelseitig bedruckte Fragebogen beinhaltet die Erhebung von:

- Demographischen Daten(*)
- Tätigkeitsprofil
- Häufigkeit von spontanen Unterbrechungen und Wiedereinarbeitungszeit
- Bedarf an Unterstützung beim Störungsmanagement
- Einstellung zur Veröffentlichung von Informationen aus dem Arbeitsumfeld auf Basis von Sensorik
- Informationen zum persönlichen Unterbrechbarkeitskonzept
- Einstellung zu und Verwendung unterschiedlicher Kommunikationsmedien(*)

Im Folgenden wird kurz auf die verwendeten bzw. konstruierten Instrumente sowie auf die befragte Stichprobe eingegangen. Die mit einem (*) gekennzeichneten Erhebungen werden in dieser Arbeit nicht diskutiert. Der komplette Fragebogen ist im Anhang zu finden.

4.2.1 Messinstrumente

In diesem Abschnitt des Fragebogens wurden deskriptive Fakten zum Arbeitsplatz und zum Kommunikationsverhalten erhoben. Dies umfasste die prozentuale Einteilung der täglichen Arbeitsaufgaben in Routine-, regelbasierte, und Einzel- bzw. Kreativaufgaben, sowie die Frage nach dem wichtigsten verwendeten Kommunikationsmedium.

Anzahl wahrgenommener Unterbrechungen und Wiedereinarbeitungszeit

Weiter wurde mittels Selbsteinschätzung erfasst, wie häufig die Probanden durchschnittlich spontan unterbrochen werden und wie viele spontane Unterbrechungen sie prinzipiell tolerieren. Für beide Fragen wurde eine sechsstufige Ratingskala mit den Ausprägungen *nie/keine*, *1–10×*, *11–20×*, *21–30×*, *31–45×* und *>45×* verwendet. Für den Fall einer spontanen Unterbrechung wurde anschließend anhand einer fünfstufigen Ratingskala erhoben, wie lange diese im Durchschnitt anhält. Hier standen die Zeitintervalle von *1–3*, *4–9*, *10–15*, *16–29* und *>29* Minuten zur Auswahl. Ebenfalls wurde in diesem Abschnitt die geschätzte durchschnittliche Wiedereinarbeitungszeit nach einer Unterbrechung auf einer fünfstufigen Ratingskala erhoben. Die aufzuwendende Zeitdauer wurde hierbei erfragt anhand der Kategorien *praktisch keine Zeit* und anhand der Intervalle *1–3*, *4–9*, *10–15*, *16–29* und *>29* Minuten.

Bedarf an Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement

In dieser Sektion sollte die Zufriedenheit mit dem Unterbrechungsmanagement auf individueller und auf Gruppenebene erfasst werden. Zur Überprüfung der Konsistenz der Aussagen wurde ebenfalls erhoben, wie dringlich der Bedarf an einer Verbesserung auf den beiden Ebenen eingeschätzt wird. Für die Untergruppen *eigene Person* und *Arbeitsgruppe* wurde hierfür der Grad der Dringlichkeit mit den Stufen *nicht dringlich*, *eher nicht dringlich*, *eher dringlich* und *dringlich* erhoben.

Einstellung zur Verwendung von Sensorik im Arbeitsumfeld

Angelehnt an die Untersuchungen von Davis und Gutwin [DG05] sollte in diesem Abschnitt die Bereitschaft erhoben werden, ob und welche technischen Sensoren im Arbeitsumfeld des Wissensarbeiters Akzeptanz finden. Als mögliche Informationsquellen wurden der persönliche elektronische Kalender, ein Audiosensor zur Erkennung der Sprechaktivität, ein PC-Sensor zur Erfassung von Informationen zum aktuell verwendeten Programm, ein Telefonaktivitätssensor, ein Sensor zur Erfassung des psychophysiologischen Stresslevels sowie ein Video-Sensor genannt. Es wurde erfragt, inwieweit die Information aus diesen Sensoren den Personengruppen *Freunde*, *Arbeitsgruppe*, *Abteilung*, *Bekanntschaft* oder *Fremden* zur Verfügung gestellt werden.

Informationen zum Unterbrechbarkeitskonzept

Wie in Abschnitt 4.1 dargestellt, sollte erhoben werden, wie restriktiv die befragten Wissensarbeiter ihren Umgang mit Unterbrechungen einschätzen und wie sie die Auswirkungen von Unterbrechungen auf ihren emotionalen und kognitiven Zustand bewerten. Neben der (a) generellen Einstellung zu Unterbrechungen sollte das eigene Erleben bzw. Verhalten auf (b) emotionaler, (c) kognitiver und (d) Verhaltensebene eingeschätzt werden. Diese Einschätzung sollte gleichzeitig auf Basis der unterschiedlichen Aufgabenarten differenziert werden. Die durch das 4×3-Versuchsdesign (*Einstellung zu Unterbrechung*×*Ebenen der Auswirkung*) entstehenden Item-Gruppen sind in Tabelle 4(*Einstellung zu Unterbrechungen*) x 3(*Ebenen der Auswirkung*) 4.1 dargestellt.

		<i>Ebenen der Auswirkung</i>		
		<i>Verhalten</i>	<i>Emotion</i>	<i>Kognition</i>
<i>Einstellung zu Unterbrechungen</i>	<i>Generelle Einstellung</i>	I.	II.	III.
	<i>Routineaufgabe</i>	IV.	V.	VI.
	<i>Regelbasierte Aufgabe</i>	VII.	VIII.	IX.
	<i>Einzel-/Kreativaufgabe</i>	X.	XI.	XII.

Tabelle 4.1: Bedingung der Itemgenerierung zur Erhebung des Unterbrechbarkeitskonzepts

Jede der 12 Gruppen wurde mit 3 bis 4 Items operationalisiert, wodurch sich eine Gesamtanzahl von 45 Testitems ergab. Die verwendeten Fragen stammten sowohl aus Messinstrumenten verwandter Arbeiten wie [DG05, AH04, McF02, MGVP04, CHW04, MGK08, HCKE02] als auch aus einer mehrfachen Expertendiskussion. Als Antwortmöglichkeiten standen eine 4-fach gestufte Likertskala, mit einer Kodierung von 1 („stimme überhaupt nicht zu“), 2 („stimme eher nicht zu“), 3 („stimme eher zu“) und 4 („stimme voll zu“) zur Verfügung. Die Items wurden so gepolt, dass ein hoher Wert ein hohes bzw. restriktives Unterbrechungsmanagement darstellt. Um dies mit den Item-Inhalten zu vereinbaren, wurden 21 der 45 Items invertiert, wie beispielsweise Item 17 der Bedingung I, („Wenn mein SMS-Benachrichtigungssignal ertönt, dann sehe ich mir die Nachricht umgehend an.“).

4.2.2 Stichprobe

Es wurden Stichproben (N = 82, davon 38 weiblich) an vier Instituten der Technischen Universität Darmstadt bezüglich ihres Umgangs mit Störungen erhoben. Eine Stichprobe bestand aus Mitarbeiter/innen des Fachgebiets *Multimedia Kommunikation* zugehörig zu den Ingenieurswissenschaften (41,5%) sowie der Institute für Psychologie (26,8%), Pädagogik (15,9%), Sportwissenschaft (14,6%) und der Verwaltung (1,2%). Die Fragebögen wurden nach einer schriftlichen Vorankündigung in zwei Erhebungsphasen persönlich ausgeteilt.

4.3 Ergebnisse

Wie aus Tabelle 4.2 ersichtlich, ergab sich für die untersuchte Stichprobe im Wesentlichen eine Gleichverteilung der drei Aufgabenarten. Dies bedeutet, dass im Mittel ein Drittel der Arbeitszeit für kognitiv anspruchsvolle Einzel- und Kreativaufgaben verwendet wird, welche aufgrund der hohen entstehenden Kosten bei einer Unterbrechung besondere Behandlung hinsichtlich des Managements benötigen.

Als wichtigstes Kommunikationsmedium (N=65) wird die Verwendung von E-Mail (66,1%) genannt, gefolgt von der Face-2-Face-Kommunikation (23,1%), Telefon (4,6%), Instant Messaging (3,1%) und dem Mobiltelefon (3,1%).

Aufgabenart		
Routine	Regelbasiert	Einzel-/Kreativaufgabe
M = 26%	M = 42%	M = 32%
SD = 20%	SD = 21%	SD = 20%

Tabelle 4.2: Durchschnittliche Verteilung der Arbeitszeit auf die verschiedenen Aufgabenarten (N=82)

4.3.1 Anzahl wahrgenommener Unterbrechungen und Wiedereinarbeitungszeit

Es wird deutlich, dass die Mitarbeiter mehrheitlich 1–10× am Tag spontan unterbrochen werden (Abbildung 4.1). Es zeigt sich, dass in den Intervallen 11–20× und 21–30× mehr Unterbrechungen wahrgenommen werden als generell toleriert. Die Auswertung auf individueller Ebene zeigt somit, dass 31% der Befragten häufiger unterbrochen werden, als sie es pro Tag tolerieren.

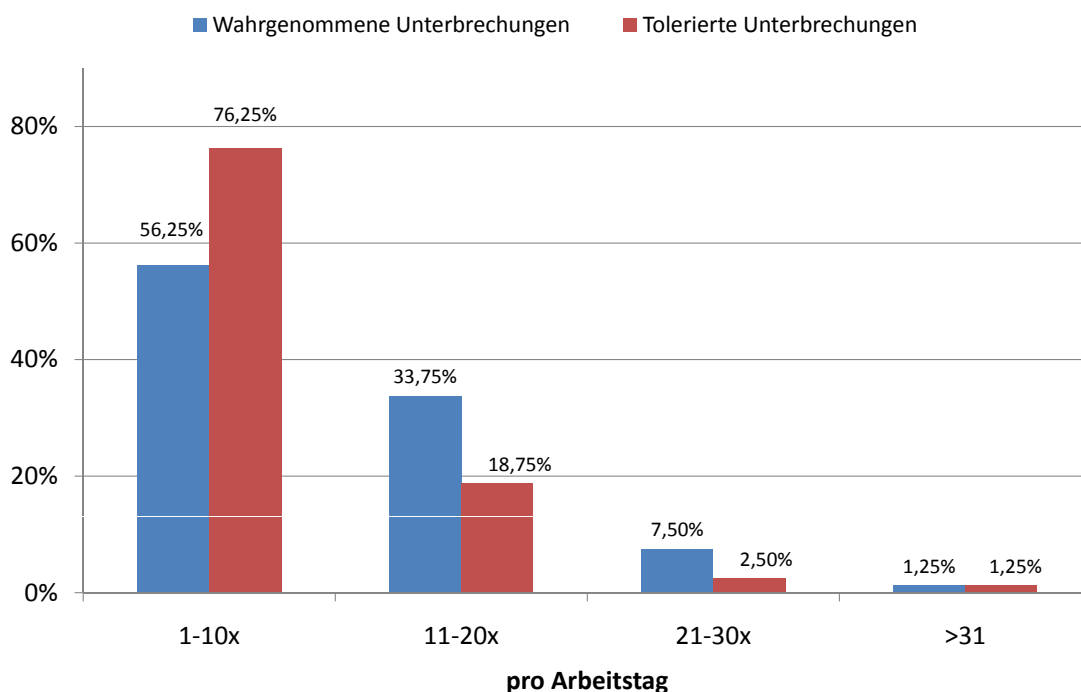


Abbildung 4.1: Darstellung Anzahl wahrgenommener und tolerierte Unterbrechungen pro Arbeitstag

Auf die Frage, wie viel Zeit für jede Unterbrechung aufgewendet wird, wird eine Zeitspanne von 4–9 Minuten am häufigsten genannt (Tabelle 4.3). Die anschließende Phase der Wiedereinarbeitung in die Primäraufgabe wird mehrheitlich mit 1–3 und größer 3 Minuten angegeben (Tabelle 4.4).

Setzt man diese aufgenommenen Häufigkeiten und Zeitspannen der Ordinalskalen miteinander in Beziehung, lässt sich aus diesen Daten schlussfolgern, dass täglich etwa 4–90 Minuten (1–10 Unterbrechungen von 4–9 Minuten) der Arbeitszeit für spontan eintreffende Arbeitsaufgaben aufgewendet werden. Bei optimistischer Betrachtung summiert sich der tägliche Mehraufwand durch die Wiedereinarbeitung auf nur 30 Minuten (1–10 Unterbrechungen von 1–3 Minuten) auf.

Dauer der Störungen		
1–3 Min.	4–9 Min.	>9 Min.
20,5%	47,4%	32,1%

Tabelle 4.3: Verteilung der geschätzten Dauer von Störungen (N=82)

Wiedereinarbeitungszeit		
keine	1–3 Min.	>3 Min.
16,4%	41,8%	41,8 %

Tabelle 4.4: Verteilung der geschätzten Wiedereinarbeitungszeit (N=82)

4.3.2 Bedarf an Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement

Aus einer vierstufigen Skala wurde die Zufriedenheit der Mitarbeiter hinsichtlich ihres Unterbrechungsmanagements erhoben. Insgesamt zeigte sich, dass etwa ein Viertel der Befragten unzufrieden mit dem bestehenden Unterbrechungsmanagement auf individueller Ebene (26%) bzw. auf Gruppenebene (27%) ist und hierfür Verbesserungsbedarf auf individueller Ebene (24%) und auf Gruppenebene (23%) sieht. Diese Zahlen zeigen eine Konsistenz zwischen Unzufriedenheit und Verbesserungsbedarf, die eventuell auch die Unzufriedenheit der 31% der Personen widerspiegelt, die mehr Unterbrechungen pro Tag wahrnehmen, als sie generell tolerieren.

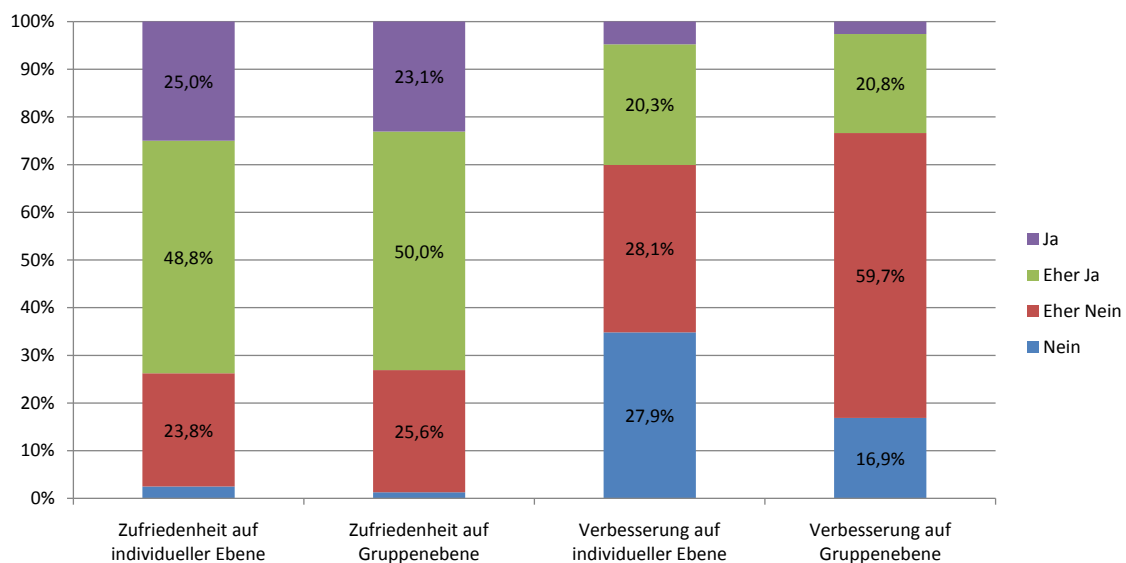


Abbildung 4.2: Zufriedenheit mit dem Unterbrechungsmanement und Bedarf für Verbesserungen

4.3.3 Akzeptanz von Sensorik im Arbeitsumfeld

Abbildung 4.3 zeigt, dass lediglich Informationen aus dem elektronischen Kalender auf der Ebene der Arbeitsgruppe und der Abteilung zur Verfügung gestellt würden. Diese restriktive Einstellung lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass generell von nur einem Drittel der Befragten ein Bedarf an

zusätzlichen Unterbrechungsmanagement-Maßnahmen gesehen wurde und somit aus dieser rein hypothetischen Sicht auch kein wesentlicher Nutzen antizipiert werden konnte. Verstärkend mögen die aktuellen politischen Diskussionen zur Vorratsdatenspeicherung und Datenschutzrichtlinien gewirkt haben. Die Zustimmung zur Verwendung der eigenen Kalenderinformationen lässt sich überdies dadurch erklären, dass in der Stichprobe bereits Erfahrungen mit Gruppenkalendersystemen gesammelt wurde und diese Informationen ohnehin schon im täglichen Arbeitsprozess verwendet werden.

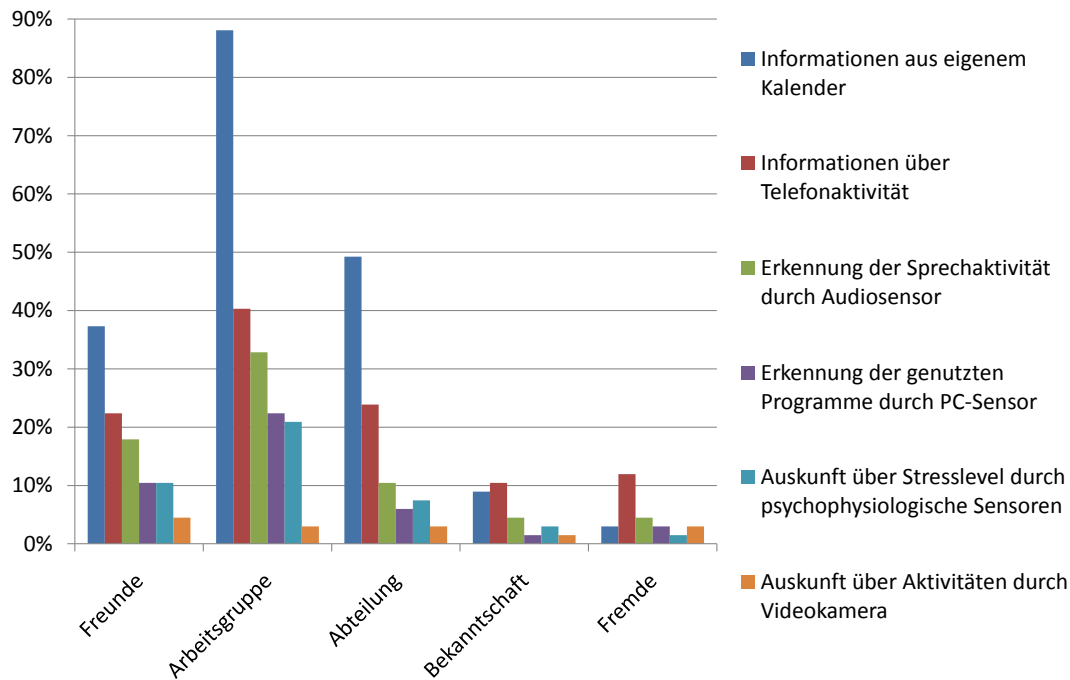


Abbildung 4.3: Anteil der Zustimmungen, Sensorinformation aus dem Arbeitsumfeld unterschiedlichen Personengruppen zugänglich zu machen

4.3.4 Unterbrechbarkeitskonzept und Unterbrechungsempfindlichkeit

Aus Basis der 45 gewählten Test-Items sollte untersucht werden, wie die Auswirkungen von Unterbrechungen auf emotionaler und kognitiver Ebene wahrgenommen werden und ob dies aufgrund der generellen Einstellung zu Unterbrechungen einen Zusammenhang zu einem mehr oder minder restriktiven Unterbrechungsmanagement aufweist. In einem ersten Test wurde die interne Konsistenz der gewählten Items hinsichtlich der unterliegenden Gruppen-Konstrukte aus Tabelle 57 untersucht. Es sollte also dabei die Frage geklärt werden, inwieweit die zu einer Gruppe gewählten bzw. erstellten Test-Items auch zuverlässig (*reliable*) das Gleiche messen, wie z.B. die generelle Einstellung zum Verhalten bei bzw. Umgang mit Unterbrechungen. Für das gegebene Beispiel mussten somit alle Items der Gruppe I eine ähnliche Ausprägung innerhalb einer Testperson aufweisen und sich dies über alle Testpersonen bestätigen. Zur Bestimmung der internen Konsistenz wurde die Maßzahl des *Cronbachs Alpha* herangezogen.

$$\text{Cronbachs Alpha} = \frac{N \cdot \bar{r}}{1 + (N - 1) \cdot \bar{r}}$$

Cronbachs Alpha verwendet hierbei den durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten (\bar{r}) innerhalb einer Item-Gruppe und standardisiert ihn an der Gruppengröße N . Um eine verlässliche Subskala anzunehmen, wird ein Alpha von mindestens 0.7 gefordert [Bor05].

Die Auswertungen zeigen, dass die Item-Gruppen I bis XII das geforderte Mindestmaß von 0.7 nicht erreichen. Weder eine vertikale Zusammenfassung auf Basis der drei Subskalen *Verhalten*, *Emotion*, *Kognition* (Abbildung 4.1) noch eine Zusammenfassung auf Basis der vier horizontalen Ebenen konnten dies erreichen. Einzig die Berechnung des durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten über alle Items erreichte mit einem Cronbachs Alpha von 0.702 eine akzeptable Reliabilität und kann folglich in zukünftigen Untersuchungen zumindest zur Bestimmung von individuellen Unterschieden verwendet werden. D.h. die Zusammenfassung aller Items auf Personenebene kann zur Aussage herangezogen werden, wie hoch bzw. restriktiv das individuelle Unterbrechungsmanagement ist. Dies wurde für die Stichprobe von $N = 82$ durchgeführt, wobei sich ein Mittelwert von 2.66 (SD = 0.21; Spanne 2.04–3.11) ergab. Dieser Mittelwert zeigt eine mittlere Unterbrechungsempfindlichkeit der Probanden an, was ebenfalls ein mittleres Restriktionsniveau im Umgang mit Unterbrechungen widerspiegelt. Das Histogramm über die Gesamtskala des Störungs- bzw. Unterbrechungsmanagements ist in Abbildung 4.4 dargestellt.

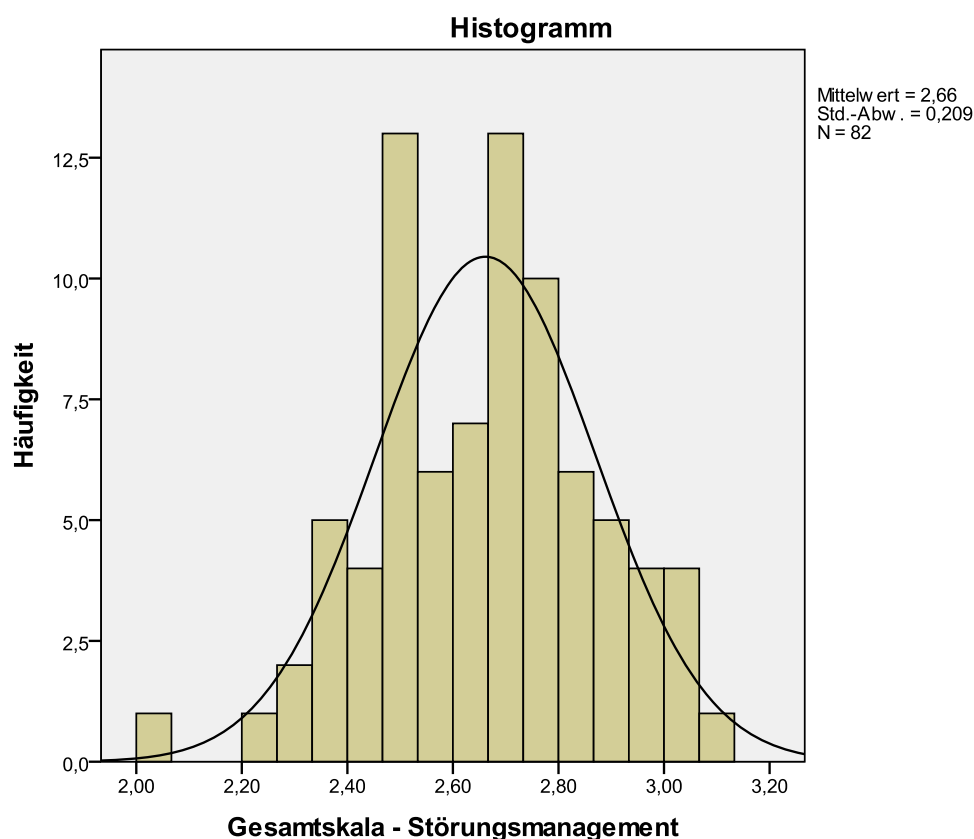


Abbildung 4.4: Verteilung der Einzelergebnisse, wie restriktiv das Unterbrechungsmanagement (1 = gering bis 4 = hoch) gehandhabt wird (N=82)

Eine weitere Korrelationsanalyse der Items mit den deskriptiven Daten des Fragebogens zeigt lediglich einen Zusammenhang zwischen Geschlecht und Einstellung bzw. Verhalten beim Unterbrechungsmanagement. So erhält beispielsweise die Aussage in Item 6 „Der Sender einer E-Mail erwartet von mir, dass ich seine Nachricht schnell beantworte“, eine signifikant höhere Zustimmung von Frauen $r = .254^1$. Männer stimmen hingegen signifikant bei den Aussagen von Item 34 „Es gibt Tätigkeiten bei denen ich

¹ Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

absolut nicht gestört werden möchte“, $r = .323^2$ und der Aussage von Item 36 „Ich signalisiere der unterbrechenden Person deutlich, dass sie mich zu einem ungünstigen Zeitpunkt unterbricht“, $r = .302^2$ zu.

4.4 Zusammenfassung und Konsequenzen für das weitere Vorgehen

Es zeigt sich, dass in der erhobenen Stichprobe etwa ein Drittel der befragten Personen mehr spontane Unterbrechungen im Laufe ihres Arbeitstages zu bewältigen haben, als sie nach ihren Wünschen tolerieren würden. Ebenfalls zeigt sich, dass mit 32% an Einzel- und Kreativaufgaben ein hoher Anteil an kognitiv anspruchsvollen Tätigkeiten durchgeführt wird, was sich darauf zurückführen lässt, dass die Stichprobe direkt an wissenschaftlichen Instituten durchgeführt wurde. In Kombination würde sich vermuten lassen, dass es generell einen hohen Bedarf an Unterstützung im Unterbrechungsmanagement geben sollte. Dies wurde jedoch nicht eindeutig bestätigt, da nur etwa 24% der befragten Personen auf individueller Ebene und 23% auf Gruppenebene sich Verbesserungen erwünschen. Dies mag zu einem Teil daran liegen, dass die Mitarbeiter von Forschungseinrichtungen eine geringere Anzahl von Projekt- und Kundenkontakten besitzen, in denen zeitnah kommuniziert werden muss, und dass durch die Arbeitsstrukturen mit geregelten Sprechzeiten nur wenige spontane Unterbrechungen aufkommen. Die hohe Bedeutung von E-Mail-Kommunikation (66.1%) und nur geringe Wichtigkeit von Telefon (4.1%) bestärken diesen Schluss, da sich durch die geringe Verwendung des Telefons auch die möglichen Unterbrechungen durch synchrone Kommunikationsanfragen reduzieren.

Die nur geringe Akzeptanz zum Einsatz jeglicher Sensorik am Arbeitsplatz lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass aufgrund des geringen Bedarfs an zusätzlicher Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement kein wesentlicher Nutzen eines hypothetischen Systems antizipiert werden konnte. Untersuchungen zur Technologieakzeptanz aus dem *Ubiquitous Computing* zeigen, dass neuartige Technologien erst dann von Anwendern angenommen werden, wenn der erwartete Nutzen, die Kosten, die durch den Mehraufwand an Einarbeitung, Verwendung und den Verlust von Teilen der Privatsphäre entstehen, kompensieren kann [Spi07]. Diese Überlegungen stützen die Strategie, ein Unterbrechungsmanagement-System in einem iterativen Prozess zu entwickeln und auf jeder Ebene Nutzen und Akzeptanz des Anwenders zu überprüfen.

Mit Hilfe des erstellten Instruments zur Untersuchung des Unterbrechbarkeitskonzepts lässt sich lediglich auf interindividuelle Unterschiede in der Wahrnehmung und im Management von Unterbrechungen schließen. Der Versuch, die Einstellung auf emotionaler, kognitiver und Verhaltensebene zu differenzieren, konnte mit den gewählten Items nicht ermöglicht werden. Auch die Differenzierung hinsichtlich des Typs der Arbeitsaufgabe konnte nicht gezeigt werden. Letzteres mag seinen Grund darin finden, dass die verschiedenen Typen von Aufgaben für jeden Wissensarbeiter durch andere Aufgaben repräsentiert werden. So ist z.B. das Ausfüllen eines Antragsformulars für den einen Wissensarbeiter eine regelbasierte Aufgabe, während ein anderer dies nach mehrfacher Wiederholung schon als Routineaufgabe klassifizieren würde.

Als generelle Erkenntnis der Fragebogenerhebung zeigt sich, dass konkrete Untersuchungen zum Unterbrechbarkeitskonzept eher auf Basis von Beobachtungsstudien bzw. der Ereignis-Stichproben-Methode (*Experience Sampling Method*, ESM) durchgeführt werden sollte. Aufgrund der Vielzahl von Faktoren, die das Unterbrechbarkeitskonzept beeinflussen (siehe Kapitel 3), ist es für den Probanden schwierig, aufgrund einer einfachen Befragung sein Verhalten in einem angenommenen Kontext zu beschreiben. Motiviert durch die hohe Bereitschaft, Kalenderinformationen Dritten zugänglich zu machen, wird in Kapitel 6 genauer untersucht, welche höherwertigen Informationen aus den Online-Kalendern gewonnen werden können.

² Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant

5 Auswirkungen von Unterbrechungen auf computergestützte Wissensarbeit

In diesem Kapitel wird experimentell untersucht¹, inwiefern die Modalität der Unterbrechung Einfluss auf kognitive Leistung, Stressempfinden und Physiologie hat. Als Mediatoren werden die Art der Primäraufgabe und die Antizipation von Kontrolle über externe Störungen variiert. Nachfolgend werden die zu untersuchenden Hypothesen vorgestellt. Der Beschreibung der Operationalisierung, des Versuchsplans und der Stichprobe folgt die Interpretation der Ergebnisse.

5.1 Ausgangslage

Anhand des in Kapitel 3 entwickelten Faktorenmodells wurden verwandte Arbeiten zu Auswirkungen von Unterbrechungen auf geistige Arbeit diskutiert. Es zeigt sich, dass die Forschungsaktivitäten der vergangenen Jahre, bestrebt waren, die negativen Auswirkungen von Unterbrechungen zu belegen. Aus diesen Betrachtungen heraus zeigt sich weiter, dass bei den verwandten Arbeiten ein starker Fokus auf Unterbrechungen durch Medien der Computer vermittelnden Kommunikation liegt. Neben den Unterbrechungen durch Kommunikationsmedien werden spontane Unterbrechungen durch Kollegen als einer der meist genannten Unterbrechungsgründe aufgeführt [Tet99]. Mit Blick darauf, den Virtuellen Assistenten auch in das Management von sozialen Unterbrechungen einzubinden, war es daher Ziel, diese Auswirkungen genauer zu untersuchen. Bei der Betrachtung der bereits experimentell untersuchten Einflussfaktoren zeigt sich ebenfalls, dass im Rahmen von Management-Strategien der Einfluss von antizipierter Kontrolle über Unterbrechungen nur vereinzelt untersucht wurde. D.h., wird dem Empfänger durch die Verwendung eines technischen Unterstützungssystems bewusst, dass er für eine gewisse Zeit durch kein Medium unterbrochen werden kann, hat dies eventuell eine sofortige Auswirkung auf Leistung, Stressempfinden und/oder den physiologischen Zustand.

Weiter zeigte sich in den betrachteten Arbeiten, dass die Auswirkungen der Unterbrechungen in starkem Zusammenhang mit Art und Komplexität der Primäraufgabe steht. Die Analyse motivierte daher dazu, den Zusammenhang zwischen Auswirkungen einer Unterbrechung und (a) Modalität der Unterbrechung (soziale oder computerbasierte Unterbrechung), (b) antizipierter Kontrolle über Unterbrechungen und (c) Aufgabenart zu untersuchen. Abbildung 5.1 zeigt den Zusammenhang der Untersuchung im Unterbrechbarkeitsmodell.

5.2 Untersuchte Hypothese

Die Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Unterbrechungsmodalitäten auf Fehlerrate, Physiologie und emotionale Befindlichkeit knüpft somit an die Studie von Mark, Gudith und Klocke [MGK08] an. Die Autoren stellen fest, dass sich Unterbrechungen auf die Bearbeitungsdauer auswirken, indem unterbrochene Aufgaben schneller bearbeitet werden, diese Kompensation der verlorenen Zeit allerdings zu erhöhtem Stress und verstärkt empfundener Frustration führt. Daraus leitet sich die erste Hypothese dieser Untersuchung ab:

Hypothese 1 *Wenn eine Person bei der Ausübung ihrer PC-Tätigkeit gestört wird, dann verursacht das Kosten in Form von Stress, Leistungsverlust und physiologischer Erregung (Arousal).*

¹ Die Untersuchung wurde in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe *Kognitionspsychologie* am *Institut für Psychologie* der TU Darmstadt, unter Leitung von Prof. Ellermeier, im Rahmen des von der TU Darmstadt geförderten interdisziplinären Projekts „Kognitionspsychologisch begründetes, kontext-sensitives Unterbrechungsmanagement in multimedialen Kommunikationssystemen“ durchgeführt.

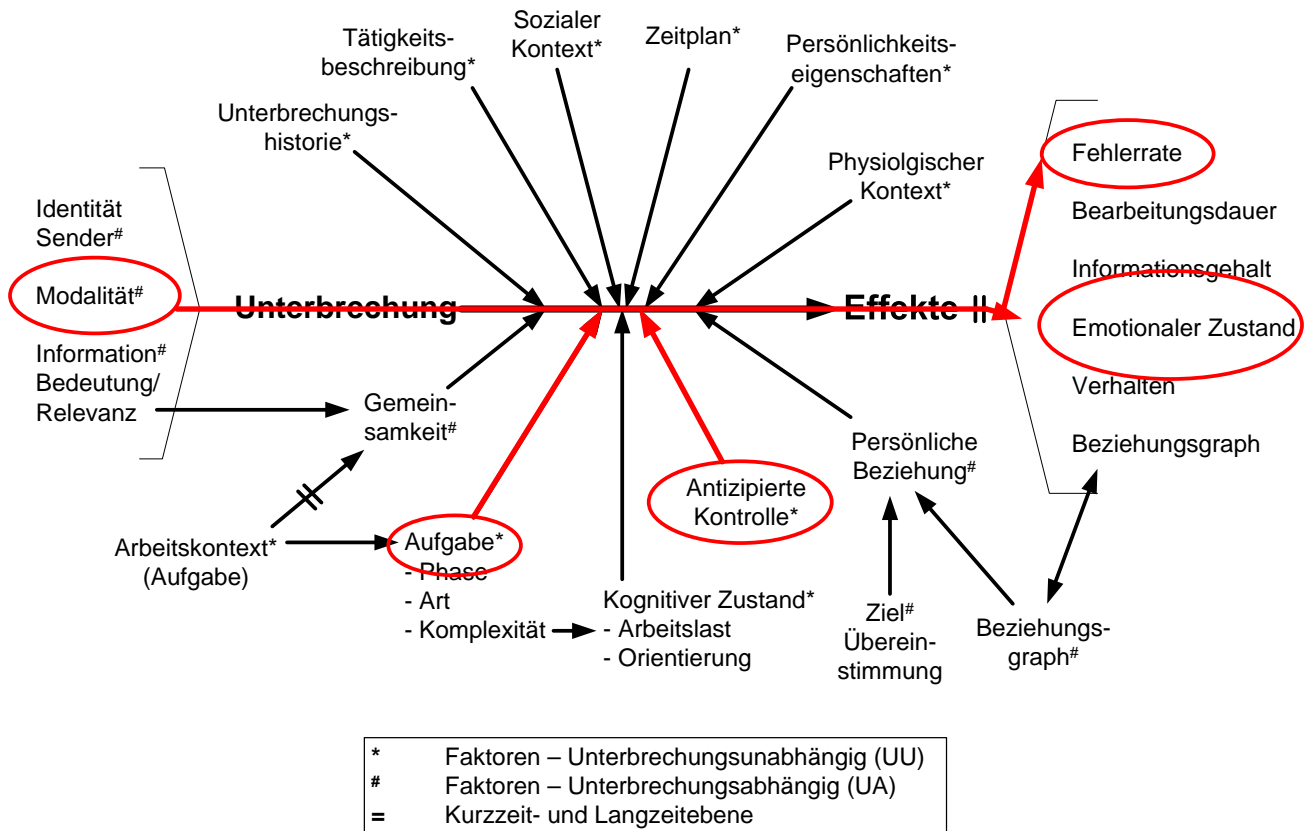


Abbildung 5.1: Darstellung der experimentellen Untersuchung im Faktorenmodell

Diese Kosten lassen sich reduzieren durch einen angemessenen Umgang mit Unterbrechungen. Carton und Aiello [CA09] beschäftigten sich mit der Kontrolle und Vorhersehbarkeit von Unterbrechungen und kamen zu dem Ergebnis, dass die Kosten einer sozialen Störung geringer ausfallen, wenn diese angekündigt wird. Die Probanden, denen Störungen vorher angekündigt wurden, erzielten signifikant bessere Resultate als die Probanden, die überraschend unterbrochen wurden. Außerdem empfanden sie signifikant weniger Stress. Zusätzlich zu einem geringeren Stressempfinden und höherer Leistung bei angekündigten Unterbrechungen ist es möglich, dass die physiologische Erregung ebenfalls geringer ausfällt. Eine Möglichkeit des Stressmanagements könnte nicht nur die Ankündigung einer Unterbrechung, sondern auch die Antizipation von Kontrolle über den Zeitpunkt einer Unterbrechung sein. Übertragen auf ein technisches System zur Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement-System kann dies wie folgt interpretiert werden: Hat der Nutzer die Gewissheit, dass er aufgrund der Verwendung des Unterbrechungsmanagement-Systems während seiner Tätigkeit nicht unterbrochen werden kann, wirkt sich eventuell schon diese Kenntnis positiv auf Stressempfinden, Leistung und physiologische Erregung aus. Die Antizipation von Kontrolle wird daher in dieser Untersuchung als unabhängige Variable (UV) eingesetzt, indem durch Aktivierung des Systems ein störungsfreier Zeitblock festgelegt wird. Die UV *Störungsfreie Zeit* ist dreifach gestuft in den Ausprägungen *keine störungsfreie Zeit*, *störungsfreie Zeit* und *wählbare störungsfreie Zeit*. Die Unterscheidung der letzten beiden Stufen soll Aufschluss darüber geben, ob es einen Unterschied gibt, ob die störungsfreie Zeit durch eine externe Entität festgesetzt wird (z.B. durch den Virtuellen Assistenten) oder ob dieser Zeitraum selbstständig gewählt wird. Zusätzlich wird für diese Variable eine Kontrollgruppe erhoben, die keine Unterbrechung erfährt. Zu den Auswirkungen dieser störungsfreien Zeiten postuliert die zweite Hypothese:

Hypothese 2 Wenn eine Person ihre störungsfreien Zeiten selbstständig wählen kann, dann wirkt sich dies für sie günstiger auf die drei Faktoren Stressempfinden, Leistung und physiologische Erregung aus, als wenn sie kein Störungsmanagement betreiben kann.

Zusätzlich zur Antizipation von Kontrolle wird die Art der Störung als weitere UV über die Untersuchungsbedingungen hinweg variiert. In Anlehnung an den Alltag eines Wissensarbeiters werden hier soziale Störungen durch eine andere Person, die eine direkte Reaktion einfordert, und technisierte, computerbasierte Störungen, ähnlicher einer E-Mail, eingesetzt. Es soll überprüft werden, ob ein Unterschied zwischen diesen beiden Medien besteht und ob ein Wechsel des Mediums sich auf die Effekte einer Unterbrechung auswirkt, wie die dritte Hypothese annimmt:

Hypothese 3 Wenn durch die Störung das Medium gewechselt wird (Computer–Mensch), wirkt sich die Störung negativer aus, als wenn kein Wechsel des Mediums (Computer–Computer) stattfindet.

Neben der Art der Störung wird ebenfalls die Art der Aufgabe variiert, was auf die Ergebnisse von Basoglu, Fuller und Sweeney [BFS09] aufbaut. Sie untersuchten den Zusammenhang zwischen Störungsfrequenz, Aufgabenschwierigkeit und Persönlichkeit und fanden dabei einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der Leistung nach einer Unterbrechung. Eine Störung während einer schwierigen Aufgabe führt zu gravierenderen Fehlern in der Aufgabenbearbeitung als eine Störung während einer leichten Aufgabe. Die vierte Hypothese untersucht diesen Zusammenhang:

Hypothese 4 Störungen wirken sich bei mental sehr anspruchsvollen Aufgaben negativer aus als bei weniger anspruchsvollen Aufgaben.

Somit stellt die Aufgabenart die dritte UV dar, die zweifach gestuft ist zur Operationalisierung der verschiedenen Schwierigkeitsgrade. Als anspruchsvolle Aufgaben werden hier Mathematikaufgaben verwendet, bei denen Formeln hergeleitet, kombiniert und angewendet werden müssen. Es wird angenommen, dass dies mental anspruchsvoller ist als die Bearbeitung der Textaufgaben, bei denen hauptsächlich Informationen aus Texten repliziert werden müssen. Die Auswirkungen der Unterbrechungen während des Bearbeitens der Primäraufgaben werden als abhängige Variablen erfasst. Die Hypothesen werden überprüft, indem die abhängigen Variablen *Leistung*, *Stressempfinden* und *physiologische Erregung* (Arousal) gemessen und entsprechend der Hypothesen auf Signifikanz geprüft werden.

5.3 Versuchsplan

Der Einfluss der Modalität der Unterbrechung auf die kognitive Leistung, die physiologische Erregung und das Stressempfinden wird mittels eines $2 \times 3 \times 2$ vollständig faktoriellen Versuchsplans mit zwei zusätzlichen Kontrollgruppen erhoben. Die Ausbalancierung der dadurch entstehenden Versuchsgruppen ist in Abbildung 5.2 dargestellt.

Es handelt sich um einen gemischten Versuchsplan, bei dem die Stufen der unabhängigen Variablen nicht nur zwischen den Gruppen, sondern auch zwischen den Personen variiert werden. Die Stufen der UV *Störungsfreie Zeit* werden zwischen den Gruppen variiert (*between subject design*), so dass jede Person nur eine der Stufen *Keine störungsfreie Zeit*, *Störungsfreie Blöcke* oder *Wählbare störungsfreie Zeit* durchläuft. Die Stufen der unabhängigen Variablen *Primäraufgabe* und *Störungsart* werden innerhalb der Gruppen variiert (*within subject design*), so dass jede Person jede Stufe durchläuft und somit sowohl Mathe- als auch Textaufgaben und Computer- wie soziale Störungen erhält. Die unterschiedlichen Bedingungen werden im Versuchsplan durch eine Buchstaben-Zahlen-Kombination kodiert (siehe Abbildung 5.2). Ein Proband, der randomisiert der Bedingung A4 zugewiesen wird, erhält demnach zuerst Matheaufgaben (Block I), bevor er nach einer Pause Textaufgaben (Block II) bearbeitet. In dieser Versuchsbedingung wird der Proband erst mit sozialen und danach mit computerbasierten Störungen konfrontiert (*Sozial* und *Com.* in Abbildung 5.2). Diese Reihenfolge bleibt in beiden Blöcken gleich. Die in dieser Bedingung vorgegebenen *störungsfreien Blöcke*, in denen weder Computer- noch soziale Störungen auftreten, sind in Abbildung 5.2 als rote Balken dargestellt.

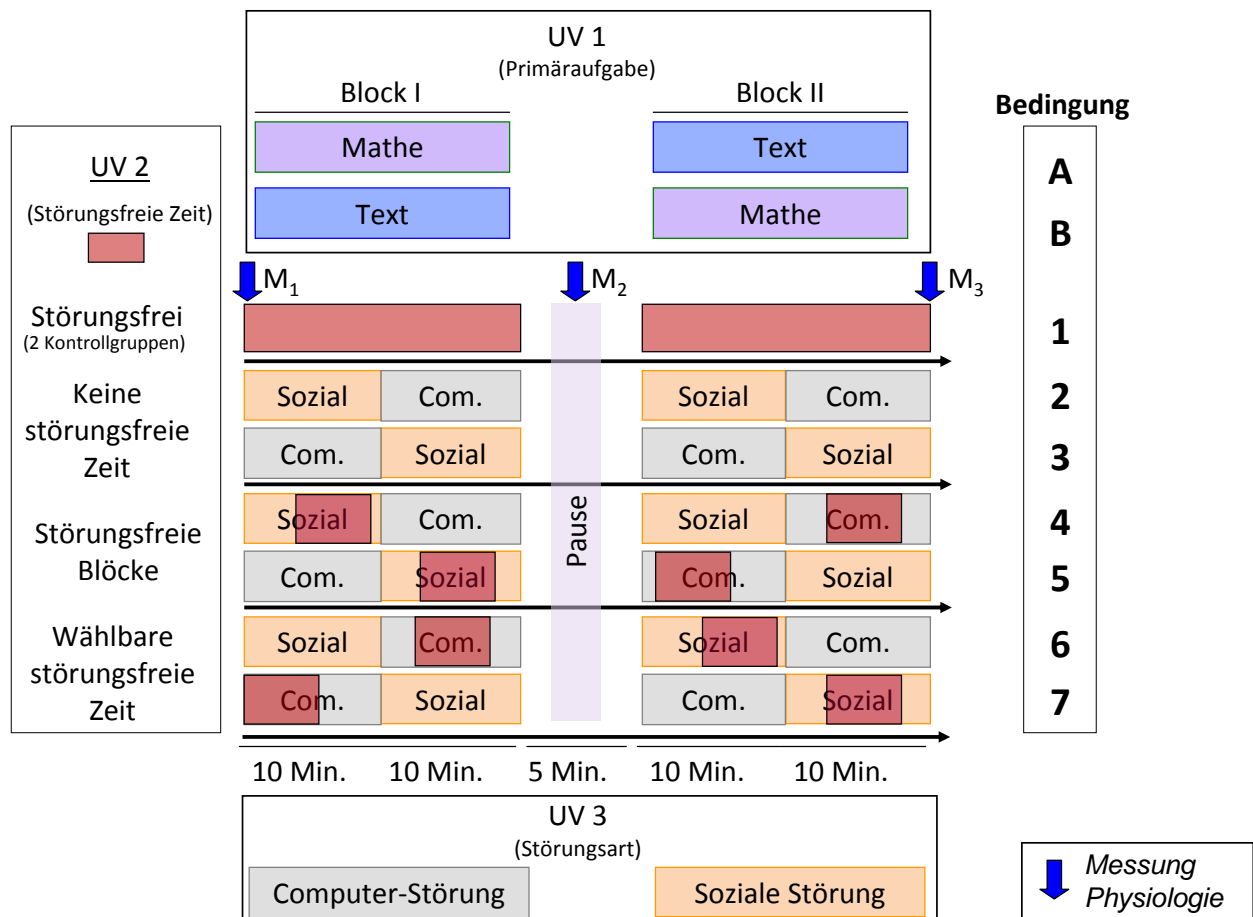


Abbildung 5.2: Versuchsplan mit den drei unabhängigen Variablen UV 1 (Primäraufgabe), UV 2 (Störungsfreie Zeit) und UV 3 (Störungsart)

5.4 Operationalisierung

Zur Untersuchung des Konstrukts der Unterbrechbarkeit ist die Messbarmachung der einwirkenden unabhängigen und zu erhebenden abhängigen Variablen notwendig. Die Schwierigkeitsstufen der UV *Primäraufgabe* werden mittels PISA-Aufgaben [OE09] aus den Themenbereichen *Mathe* und *Text* operationalisiert, wobei die Matheaufgaben als kognitiv anspruchsvoller definiert sind [OE09]. Die abhängige Variable *Leistung* wird als erreichte Punktzahl dieser normierten Mathe- und Textaufgaben erfasst, wobei eine höhere Punktzahl eine höhere Leistung darstellt. Zu diesem Zweck wurde ein auf *Microsoft PowerPoint* basierendes Testprogramm entwickelt, das dem Nutzer die Aufgaben inklusive Multiple Choice und Textantwortfelder darstellt. Die Zeitsteuerung des Programms übernimmt dabei das Einplanen der computerbasierten Störungen sowie der Pausen- und Endzeiten. Bei der Stufe *Störungsfreie Blöcke* der UV 2 werden die Start- und Endpunkte der störungsfreien Blöcke durch das Testprogramm randomisiert und ohne Einfluss der Testperson berechnet und eingeplant. Abbildung 5.3 zeigt beispielhaft einen durch das Computerprogramm erstellten Zeitablaufplan in der Bedingung *Störungsfreie Blöcke*, der dem Versuchsleiter zur Information vor dem Start der Erhebung angezeigt wird. Die randomisiert eingeplanten *Störungsfreie Blöcke* sind mit einer Länge von jeweils 300 Sekunden etwa im mittleren Zeitabschnitt von Block 1 und Block 2 zu erkennen. Ebenfalls ist die Verteilung der ungestörten Arbeitszeit zwischen den sozialen und den computerbasierten Störungen ersichtlich.

Auf der Stufe der *Wählbaren störungsfreien Zeit* erscheint im oberen rechten Abschnitt des Testprogramms ein Button (siehe Abbildung 5.4a), über den die störungsfreie Zeit aktiviert werden kann. Die Zeitlänge des störungsfreien Blocks beträgt in jeder Bedingung 5 Minuten. Während dieses Zeitraums

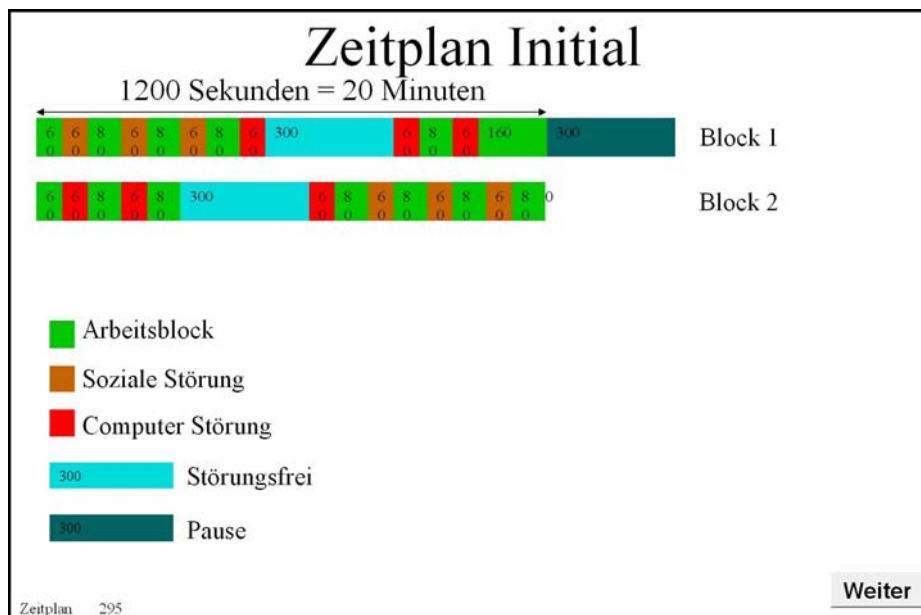


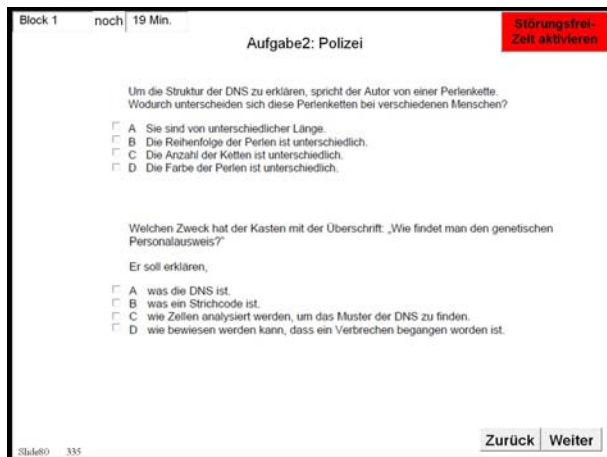
Abbildung 5.3: Generierter Zeitablaufplan zur Darstellung für den Versuchsleiter in der Bedingung *Störungsfreie Blöcke*

machen zwei rote Balken rechts und links im Bild die Störungsfreiheit für die Versuchsperson ersichtlich (siehe Abbildung 5.4b).

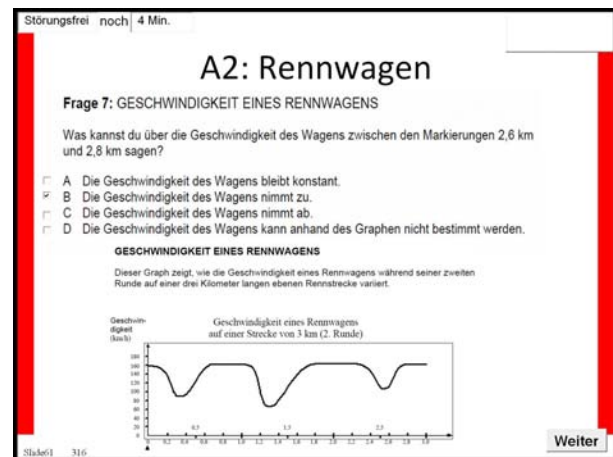
Als Störungen werden arbeitsplatznahe Aufgaben verwendet, die für eine Bearbeitungszeit von 60 Sekunden konzipiert sind. Beispielsweise müssen die Probanden Daten einer Vollversammlung aus einem Wandkalender herausuchen oder Angaben über die Fehlzeiten fiktiver Mitarbeiter anhand zur Verfügung stehender Unterlagen herausuchen. Eine Übersicht der sozialen Störungen befindet sich im Anhang. Die Störungen werden durch einen akustischen Stimulus angekündigt. Ein mit der unterbrechungseinleitenden Folie verbundenes Klopfen kündigt eine soziale Störung an. Das ertönen eines „Signaltons“ deutet auf eine computerbasierte Störung hin, die die aktuelle Primäraufgabe unterbricht und sofort für 60 Sekunden auf dem Bildschirm dargestellt wird. Somit sind zum späteren Vergleich die Zeitdauern sozialer und computerbasierender Störungen mit 60 Sekunden gleich lang. Die abhängige Variable *Stressempfinden* wird anhand des *NASA Task Load Index* (TLX) erfasst, der die subjektiv erlebte Beanspruchung bei einer Tätigkeit auf 6 Skalen erfasst. Die Skalen *Geistige Anforderung*, *Körperliche Anforderung*, *Zeitliche Anforderung*, *Leistung*, *Anstrengung* und *Frustration* werden von den Probanden zweimal nach jedem Aufgabenblock auf einer zehnstufigen Ratingskala beurteilt. Die dritte AV *Physiologische Erregung* wird durch Puls- und Blutdruckmessungen erhoben. Der Blutdruck wird zu Beginn der Untersuchung, nach dem ersten und nach dem zweiten Aufgabenblock gemessen, während der Puls mittels eines Pulsgurtes kontinuierlich im Zwei-Sekunden-Takt erfasst wird.

5.5 Material

Die Untersuchung wird in zwei identisch eingerichteten Laboren des Psychologie-Instituts der TU Darmstadt durchgeführt, die zum Zweck des Experiments wie ein Büro eines Wissensarbeiters gestaltet sind (siehe Abbildung 5.5). Der Proband sitzt an einem Schreibtisch mit Computer. Es ist übliches Büromaterial wie Papier, Stifte, Heftklammerer, Büroklammern oder Lexikon vorhanden sowie eine Weltkarte und ein Wandkalender mit fiktiven Daten für die sozialen Unterbrechungsaufgaben. Getrennt wird dieses Büro vom Arbeitsbereich des Versuchsleiters (VL) durch eine Trennwand, hinter der der Versuchsleiter an einem anderen PC verfolgt, in welcher Phase der Untersuchung sich der Proband befindet (siehe Ab-



(a) Textaufgabe mit der Option, einen störungs-freien Block zu wählen



(b) Matheaufgabe mit störungsfreier Zeit aktiv

Abbildung 5.4: Beispielhafte Darstellung des erstellten Computerprogramms zur Darstellung der PISA-Aufgaben nach [OE09]

bildung 5.5). Die Darstellung der Inhalte des Probanden-PCs wird auf dem Versuchsleiter-PC durch eine VNC²-Software realisiert.

Als weiteres Material wurden zwei Fragebogen für diese Untersuchung konzipiert. Ein Fragebogen zur Erfassung der soziodemografischen Daten wird zu Beginn bearbeitet. Nach Ende der Untersuchung erfragt ein Nachbefragungsbogen, wie schwierig die Mathe- und Textaufgaben und wie störend die Unterbrechungen empfunden wurden.

5.6 Versuchsdurchführung

Nach der randomisierten Zuweisung des Probanden zu einer der 14 Untersuchungsbedingungen wird die Person in standardisierter Form begrüßt und in den Ablauf eingewiesen. Die Untersuchung gliedert sich in zwei 20-minütige Arbeitsblöcke mit einer fünfminütigen Pause. Pro Arbeitsblock werden jeweils nur Mathe- oder Textaufgaben bearbeitet, wobei je nach Bedingung randomisiert mit Mathe- oder Textaufgaben begonnen wird, um Positionseffekte zu vermeiden. Vor Beginn der Untersuchung wird der Proband dazu aufgefordert, einen Pulsgurt anzulegen, um die Pulsdaten parallel erfassen zu können. Der Blutdruck wird ebenfalls das erste Mal zu Beginn der Untersuchung gemessen, in der Pause und nach Ende der eigentlichen Untersuchung. Nach dem ersten Arbeitsblock erhält der Proband den NASA-TLX-Fragebogen zur Einschätzung der erlebten Beanspruchung. Die soziodemografischen Daten des Probanden werden in Form der letzten sozialen Störung erfasst und sind somit in den Versuchsablauf eingebunden. Nach Absolvieren des zweiten Arbeitsblocks erhält der Proband wiederum den NASA-TLX sowie den Nachbefragungsbogen. Abschließend wird der Proband über das Ziel der Untersuchung aufgeklärt. Der zeitliche Ablaufplan der Untersuchung ist zusammenfassend in Tabelle 5.1 dargestellt.

Generell bearbeitet jeder Proband in jeder Bedingung sowohl die Mathe- als auch die Textaufgaben und wird durch computerbasierte und soziale Störungen unterbrochen. Die genauen zeitlichen Abläufe unterscheiden sich jedoch zwischen den Untersuchungsbedingungen. In der Kontrollbedingung *Störungsfrei* bearbeiten die Probanden zuerst für 840 Sekunden den ersten Aufgabenblock und erhalten danach die drei computerbasierten und drei sozialen Unterbrechungsaufgaben im Wechsel, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Nach der fünfminütigen Pause wird ihnen der andere Aufgabenblock

² Virtual Network Computing-System zur Anzeige des entfernten Bildschirms



Abbildung 5.5: Versuchsaufbau: Nachstellung eines Büroarbeitsplatzes mit Wandkalender, Weltkarte und Lexikon als Material für die sozialen Störungen

dargeboten, den sie wieder am Stück ununterbrochen bearbeiten und anschließend die jeweils 60-sekündigen Störaufgaben. Um die beiden Kontrollbedingungen (ungestörte Mathe-Text-Aufgaben bzw. Text-Mathe-Aufgaben) mit den übrigen Untersuchungsbedingungen vergleichen zu können, müssen auch hier die Störaufgaben durchlaufen werden, jedoch erst nach Abschluss der eigentlichen Mathe- bzw. Text-Aufgaben. In der Bedingung *Störungsfreie Zeit* bearbeiten die Probanden jeweils für 1.200 Sekunden die Aufgabenblöcke und werden währenddessen unterbrochen. Im gleichmäßigen Wechsel erhalten sie alle 120 Sekunden Störaufgaben, je nach Bedingung zuerst computerbasiert oder sozial. Nach der Pause beginnt der andere Aufgabenblock, der zuerst durch das jeweils andere Medium für jeweils 60 Sekunden gestört wird. Um einen Zeitraum für die *Störungsfreien Blöcke* zu schaffen, werden die Probanden in dieser Bedingung alle 80 Sekunden unterbrochen, so dass 300 Sekunden störungsfreie Zeit zu einem vorgegebenen Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Die Bedingung *Wählbare störungsfreie Zeit* ist in ihrem Ablauf ähnlich, jedoch mit dem Unterschied, dass die Probanden den Beginn der fünfminütigen störungsfreien Zeit selber wählen können. Wenn die Probanden von der Möglichkeit der ungestörten Bearbeitungszeit keinen Gebrauch machen, bleiben automatisch die letzten fünf Minuten störungsfrei.

5.7 Ergebnisse

Die Stichprobe bestand aus 86 Probanden, von denen sieben aus technischen Gründen nicht gewertet werden konnten. Die nachfolgenden Daten beziehen sich auf die verbleibenden 79 Personen. Im Durchschnitt waren die Probanden 30 Jahre alt ($M=30.35$, $SD=12.39$) bei einer Spannweite von 17 bis 66 Jahren. 57.0% der Teilnehmer waren weiblich. Die Stichprobe bestand jeweils zur Hälfte aus Studenten (50.6%) und aus Berufstätigen. Spezifische Auswahlkriterien zur Rekrutierung der Probanden lagen nicht vor.

Zur Analyse der Auswirkungen der Unterbrechungen werden die weiteren Rohdaten aggregiert. Für die abhängige Variable *Kognitive Leistung* werden die gelösten Mathe- bzw. Textaufgaben mit jeweils einem Punkt bewertet, falsche oder keine Antworten ergeben null Punkte. Die Punkte der gelösten Auf-

Inhalt	Ablaufinformationen			
	Zeit in min	Dauer in min	Material	Klassifikation
Begrüßung	5	5	Blatt	Begrüßung
Instruktion/Messinstrumente	10	5	Messgeräte	Vorbereitung
Aufgabenblock 1	30	20	Computer	UV
Pause	35	5	X	X
Aufgabenblock 2	55	20	Computer	UV
NASA-TLX und Aufklärung	60	5	Blatt	(Ergebnis)

Tabelle 5.1: Ablaufplan der Untersuchung

gaben werden aufaddiert, so dass sich maximale Gesamtpunktzahlen für die Matheaufgaben von 19 Punkten und für die Textaufgaben von 24 Punkten ergeben. Zur Bewertung der *Subjektiven Beanspruchung* werden die Werte aller sechs Skalen des NASA-TLX aufsummiert, so dass sich eine maximale Punktzahl von 120 Punkten ergibt. Die erhobenen Puls- und Blutdruckdaten werden als Differenzen zwischen dem ersten und zweiten bzw. zweiten und dritten Messzeitpunkt berechnet.

Die Ergebnisse werden nachfolgend strukturiert anhand der aufgestellten Hypothesen dargestellt. Für jede Hypothese wurden deskriptive Daten ermittelt und mittels inferenzstatistischer Methoden ausgewertet. Um den Effekt der unabhängigen Variable *Störungsfreie Zeit* beurteilen zu können, wurde zusätzlich zur Auswertung der Hypothesen eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt, um die einzelnen Stufen untereinander zu vergleichen.

5.7.1 Hypothese 1

Die Annahme, dass eine Unterbrechung während einer PC-Tätigkeit Kosten in Form von Stress, Leistungsverlust und physiologischer Erregung verursacht, konnte nicht vollständig bestätigt werden. Es zeigen sich lediglich signifikante Unterschiede in der subjektiven Beanspruchung (Stressempfinden). Bei der Analyse der Ergebnisse des NASA-TLX zeigen sich die größten Unterschiede sowohl bei den Mathe- als auch bei den Textaufgaben zwischen den Bedingungen *Störungsfrei* und *Frei wählbarer Block* (siehe Tabelle 5.2).

Kennwerte	Störungsfrei	Keine störungsfreie Zeit	Gesetzter Block	Frei wählbarer Block
Mathe				
Mittelwert	61,75	61,24	62,75	71,41
Standardabweichung	19,03	15,54	14,14	15,16
Text				
Mittelwert	50,75	58,00	58,83	64,59
Standardabweichung	16,30	15,85	13,33	12,23

Tabelle 5.2: Ergebnisse Stressniveau (NASA-Fragebogen)

Ein Vergleich der gemittelten NASA-TLX-Testwerte der Kontrollgruppen mit den Mittelwerten der drei Experimentalgruppen *Keine störungsfreie Zeit*, *Störungsfreie Blöcke* und *Wählbare störungsfreie Zeit* mittels t-Test zeigt, dass der Unterschied nur für die Textaufgaben signifikant ist ($t(77)=1,80$, $p<.10$).

Der Unterschied im Stressempfinden zwischen Kontroll- und Experimentalgruppen wurde dagegen bei den Mathematikaufgaben nicht signifikant ($t(77)=5,40$, $p>.10$).

Zur Überprüfung, ob es einen Effekt zwischen den beiden Stufen der Primäraufgabe (*Mathe-/Text*) gibt, wird eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Varianzanalyse zeigen, dass sich die durch die Matheaufgaben ausgelöste subjektive Beanspruchung ($M=64,58$, $SD=15,69$) signifikant von dem durch die Textaufgaben ausgelösten Stressempfinden ($M=59,35$, $SD=14,49$) unterscheidet ($F(1,75)=2,60$, $p<.10$). Der größte Unterschied besteht hier in den störungsfreien Kontrollbedingungen (siehe Abbildung 5.6). Um zu testen ob, Hypothese 1 eventuell zu Teilen angenommen

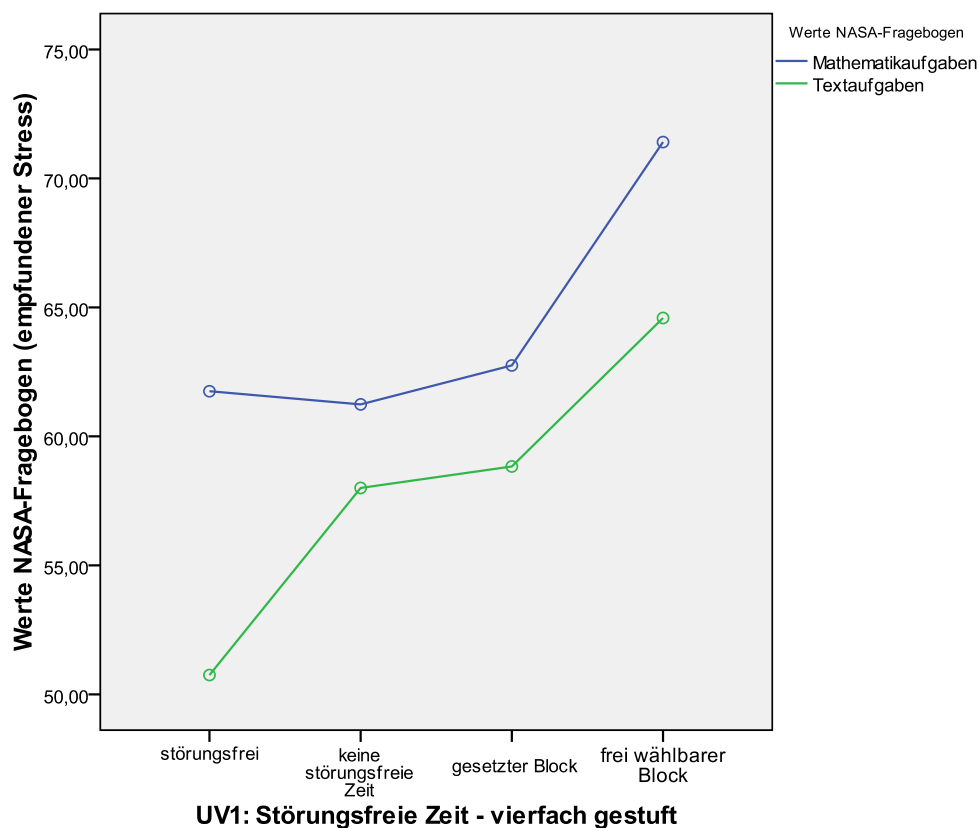


Abbildung 5.6: Mittelwertunterschiede des NASA-Fragebogens zwischen den vier Faktorstufen der UV „Störungsfreie Zeit“

werden kann, wird die Auswirkung von Unterbrechungen auf die kognitive Leistung, operationalisiert durch die Gesamtpunktzahl, untersucht. Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Untersuchungsbedingungen ($p>.10$, $F(3,75)=0,18$) hinsichtlich der erreichten Gesamtpunktzahl (siehe Tabelle 5.3).

Die einfaktorielle Varianzanalyse der Pulsunterschiede zur Beurteilung der Einflüsse auf die physiologische Erregung wurde ebenfalls nicht signifikant ($p>.10$, $F(1,74)=0,14$). Die zugehörigen Kennwerte befinden sich in Tabelle 5.4.

Kennwerte	Störungsfrei	Keine störungs- freie Zeit	Gesetzter Block	Frei wählbarer Block	Gesamt
Mathe					
Mittelwert	7,19	8,42	9,52	8,05	8,53
Standard- abweichung	2,48	3,74	2,76	3,39	3,28
Text					
Mittelwert	8,50	8,06	7,60	8,41	8,06
Standard- abweichung	1,60	2,36	2,44	3,63	2,71

Tabelle 5.3: Ergebnisse Aufgabenbewertung (Gesamtpunktzahl)

5.7.2 Hypothese 2

Um zu überprüfen, ob sich die Möglichkeit einer Wahl störungsfreier Zeiten günstiger auf die Faktoren kognitive Leistung, subjektive Beanspruchung und physiologische Erregung auswirkt, wurden t-Tests zwischen den Ergebnissen der Bedingungen durchgeführt. Der Vergleich der Mittelwerte der erreichten Aufgabengesamtpunkte in den *Wählbaren störungsfreien Blöcken* mit den Bedingungen *Keine störungsfreie Zeit* und *Störungsfreie Blöcke* ergab kein signifikantes Ergebnis ($p > .10$, $t(77) = 0,54$) (siehe Tabelle 5.3). Auch der Vergleich der Pulsdaten wurde nicht signifikant. Bezüglich der subjektiven Beanspruchung ergab sich jedoch ein signifikanter Unterschied. Entgegen der Hypothese empfanden die Probanden der Bedingung *Wählbare störungsfreie Zeit* mehr Stress ($t(69) = -2,11$, $p < .05$) im Vergleich zu den Bedingungen, die *Keine störungsfreie Zeit* oder *Störungsfreie Blöcke* erhielten.

5.7.3 Hypothese 3

Die dritte Hypothese nahm an, dass sich Störungen negativer auswirken, wenn dadurch das Medium, mit dem gearbeitet wird, gewechselt wird. Eine einfaktorielle Varianzanalyse zwischen den Gesamtpunktzahlen der während der *sozialen Störungen* ($M = 8,39$; $SD = 3,30$) und während der *computerbasierten Störungen* ($M = 8,30$; $SD = 3,54$) erreichten Punkte ergab keinen signifikanten Unterschied ($F(1,86) = 0,27$, $p > .10$). Die zugehörigen Kennwerte sind in Tabelle 5.6 dargestellt.

5.7.4 Hypothese 4

Die Annahme der Hypothese 4, dass sich Störungen bei mental anspruchsvolleren Aufgaben negativer auswirken als bei weniger anspruchsvollen Aufgaben, konnte nicht bestätigt werden.

Hierzu wurden jeweils für die Mathe- und Textaufgaben die Ergebnisse der drei Experimentalgruppen gemittelt und aus dem Ergebnis die Differenz mit dem Leistungswert der Kontrollgruppe gebildet. Die errechneten Differenzen für Mathe- und Textaufgaben wurden in einem t-Test gegenübergestellt, der allerdings nicht signifikant wurde ($t(140) = 1,30$, $p > .10$). Für das Stressempfinden ergab sich im Vergleich der Mathe- zu den Textaufgaben ebenfalls kein signifikanter Unterschied ($t(140) = 1,93$, $p > .10$), genau wie beim Vergleich der Pulswerte zwischen den beiden Aufgabenarten ($t(138) = 0,68$, $p > .10$).

Kennwerte	Störungsfrei	Keine störungs- freie Zeit	Gesetzter Block	Frei wählbarer Block	Gesamt
Mathe					
Mittelwert	-3,25	-4,44	1,91	-6,00	-2,88
Standard- abweichung	8,50	13,22	13,45	10,84	12,46
Text					
Mittelwert	-3,50	-3,68	1,13	-3,64	-2,23
Standard- abweichung	13,36	10,64	10,60	11,57	-2,23

Tabelle 5.4: Ergebnisse der Differenzen der physiologischen Erregung (Pulsunterschiede) gemessen jeweils vor und nach der Bearbeitung

	Mittelwert M	Streuung SD	Testwert t	Signifikanz p
Mathe				
Frei wählbar	8,05	3,39	1,067	.29
Rest/KG	8,96	3,31	1,057	.297
Text				
Frei wählbar	8,41	3,63	-0,791	.432
Rest/KG	7,84	2,38	-0,0677	.504

Tabelle 5.5: Vergleich der in den Mathe- und Textaufgaben erreichten Gesamtpunktzahlen der Bedingung *Wählbare störungsfreie Zeit* mit denen der Bedingungen *Keine störungsfreie Zeit* und *Störungsfreie Blöcke*

Die Analyse der mittels Nachbefragungsbogen erhobenen Daten zur subjektiv empfundenen Aufgabenschwierigkeit bestätigte einen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad der Stufen der Primäraufgabe. Die Matheaufgaben ($M=3,37$; $SD=1,09$) wurden als signifikant ($t(78)=2,35$; $p<.05$) schwieriger empfunden als die Textaufgaben ($M=3,08$; $SD=0,80$). Die Störungen wurden auf einer Skala von 1 bis 5 im Durchschnitt als mittelmäßig störend bewertet ($M=3,18$; $SD=0,93$); ($t(78)=30,35$, $p<.01$).

5.8 Diskussion

Die durchgeführte Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Unterbrechungsmodalitäten auf kognitive Leistung, physiologische Erregung und subjektive Beanspruchung konnte keine der aufgestellten Hypothesen in vollem Umfang bestätigen.

Es zeigt sich, dass Störungen bei der Bearbeitung textbasierter Aufgaben das Stressempfinden signifikant steigern. Dies kann dadurch erklärt werden, dass in den verwendeten PISA-Text-Aufgaben Informationen aus ein bis zwei DIN-A4-seitigen Texten aufgenommen werden mussten, noch bevor eine konkrete Fragestellung dargeboten wurde. Auf Basis der vorgestellten Kapazitätstheorie (Kapitel 2.2) lässt sich vermuten, dass das höhere Stressempfinden dadurch verursacht wurde, dass die Versuchspersonen befürchteten, notwendige Informationen zur Beantwortung durch eine Unterbrechung zu vergessen. Un-

	Mittelwert M	Standardabweichung	Testwert F	Signifikanz p
Sozial	8,39	3,30	0,027	.87
Computer	8,30	3,54	0,065	.937

Tabelle 5.6: Unterschiede der Punktzahlen in den Mathe- bzw. Textaufgaben, die während einer sozialen bzw. computerbasierten Störung erreicht wurden

terbrechungen führten somit in der gegebenen Situation zu einer höheren subjektiven Beanspruchung, die sich aber nicht auf Basis der physiologischen Erregung nachweisen ließ.

Unabhängig vom generellen Auftreten von Störungen erwiesen sich die Matheaufgaben wie erwartet als kognitiv anspruchsvoller, was sich in einem erhöhten Stressempfinden nach Bearbeitung der Matheaufgaben zeigt. Somit hat die Aufgabenart der Primäraufgabe einen Einfluss auf den kognitiven wie emotionalen Zustand, der sich wiederum auf den Umgang mit Unterbrechungen auswirkt.

Die verschiedenen Modalitäten einer Störung, die in dieser Untersuchung computerbasiert oder durch den Versuchsleiterumgesetzt wurden, erwiesen keine voneinander abweichenden Effekte auf die Auswirkungen der Störungen. Da der Medienwechsel bei der sozialen Störung (Computer–Mensch–Computer) somit keinen Unterschied zur Störung auf dem gleichen Medium (Computer–Computer) ergab, stützt dies die Bestrebungen, die Mechanismen des Unterbrechungsmanagement-System, neben den CVK-Medien auch auf das Management sozialer Unterbrechungen anzuwenden.

Es wurde weiterhin untersucht, ob sich die Möglichkeit eines aktiven Störungsmanagements positiv auf Leistung, Beanspruchung und Erregung auswirkt. Carton und Aiello [CA09] stellen fest, dass die Kontrolle über den Zeitpunkt von Störungen das Stressempfinden senkt. In dieser Untersuchung zeigte sich entgegen der Erwartung, dass bei der selbstständigen Schaltung des fünfminütigen störungsfreien Blocks jedoch eine Erhöhung des Stressempfindens eintritt. Dies lässt sich im Rahmen des Experiments dahingehend erklären, dass (a) bei der Versuchsperson die Wahl des Aktivierungszeitpunkts als gedanklich im Hintergrund ablaufender Auswertungsprozess angesehen werden kann. Die Versuchsperson muss daher kontinuierlich die Arbeitssituation hinsichtlich verschiedener Merkmale wie der momentanen und zukünftigen kognitiven Auslastung einschätzen, was kognitive Ressourcen erfordert. Somit wird während der Ausführung der Primäraufgabe stets ein Teil des Gedächtnisses dafür beansprucht, diese Informationen auszuwerten und die Entscheidung zu treffen, wann der störungsfreie Block zu schalten ist. Diese parallele Beurteilung kann auch im Sinne der Ablenkungskonflikt-Theorie (*distraction-conflict theory*) wirken und eine Zusatzbelastung darstellen, die zu einem erhöhten Stressempfinden führen kann. Weiter lässt sich erklären, dass (b) die Versuchspersonen kein Erfahrungswissen über den Umgang und die Auswirkungen einer störungsfreien Zeit auf ihre Arbeitsgestaltung besaßen. Da dieses Instrument somit neuartig war, konnte auch kein Nutzen bzw. kein Gefühl von förderlicher Störungsfreiheit antizipiert werden. Für weiterführende Experimente ist es denkbar, in einer vorgeschalteten Lernphase das Instrument der „Bewusst gewählten Störungsfreien Zeit“ den Versuchspersonen zuvor näher zu bringen. Schlussendlich könnte das Fehlen der Autonomie in der Arbeitsplanung (c) ein Grund für das Ausbleiben positiver Auswirkungen darstellen. Im Arbeitsalltag kann bei der Planung des Arbeitsablaufs eingeschätzt werden, während welcher Arbeitsschritte eine unterbrechungsfreie Zeit einen hohen Nutzen stiften kann. Da die Versuchspersonen im Experiment ohne eigene Planung, also rein reaktiv auf die dargestellten Aufgaben reagierten, konnte der Kontrollmechanismus somit nicht wirklich nutzenstiftend eingesetzt werden. Betrachtet man das Ergebnis jedoch im Hintergrund der verwandten Arbeiten, so wird bestätigt, dass das manuelle Verwalten des eigenen Unterbrechbarkeitsniveaus eine zusätzliche Arbeitsbelastung darstellt. Dies bestärkt daher das Bestreben, den Schutz vor Unterbrechungen autonom durch den Virtuellen Assistenten steuern zu lassen.

In Bezug auf die kognitive Leistung und die physiologische Erregung konnte kein Zusammenhang mit den Störungen nachgewiesen werden. Zur Erfassung der physiologischen Erregung wurden der Puls und der Blutdruck gemessen. Es zeigt sich, dass der Puls der Probanden zu Beginn höher war und im

Laufe des Versuchs abfiel (siehe Abbildung 5.7). Somit schien der Puls zu Beginn der Untersuchung nicht dem Ruhepuls zu entsprechen, was mit der körperlichen Aktivität auf dem Weg zur Untersuchung zusammenhängen kann. Um solche Effekte zu vermeiden, könnte bei zukünftigen Erhebungen der Puls erst nach einem Probefurchlauf gemessen werden.

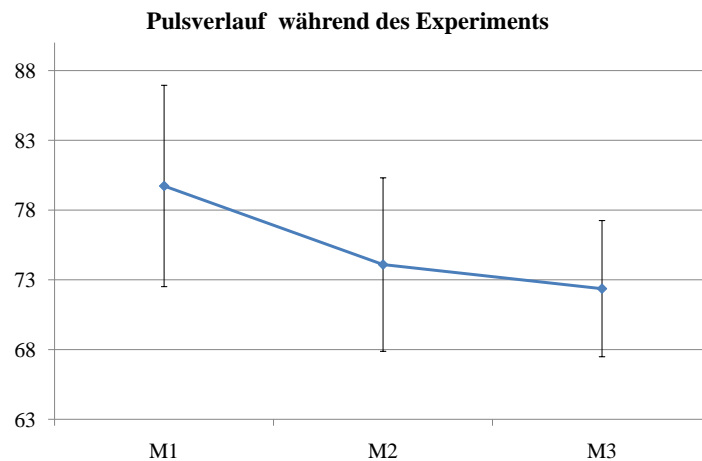


Abbildung 5.7: Veränderung der durchschnittlichen Pulswerte zu den drei Messzeitpunkten am Beispiel der Bedingung *Keine störungsfreie Zeit* mit 95% Konfidenzintervall

Hinsichtlich der externen Validität sind die Ergebnisse der Laboruntersuchung in ihrer Generalisierbarkeit durch die Spezifität dieser künstlich geschaffenen Situation limitiert, was in diesem Fall ebenfalls zur Falsifizierung der Hypothesen beigetragen haben kann. Obwohl die Laborräume ähnlich wie die Büroräume eines Wissensarbeiters gestaltet waren und die Störaufgaben realitätsnah gehalten wurden, bleiben Unterschiede zwischen der Untersuchungsumgebung und einer realen Bürosituation bestehen. Tabelle 5.7 gibt einen Überblick über Unterschiede, die die externe Validität gemindert haben können.

Die hier geschaffene büroähnliche Untersuchungssituation unterschied sich als erstes durch ihre zeitliche Begrenzung von einem Büroalltag. Ein Wissensarbeiter verbringt in der Regel einen 8-Stunden-Arbeitstag im Büro, in dem sowohl Aufgaben als auch Störungen unregelmäßig sind und unterschiedlich stark kognitiv beanspruchen. Mark et al. [MGK08] berichten, dass in ihrer experimentellen Untersuchung die Probanden in der Lage waren, die Auswirkungen von Unterbrechungen durch schnelleres Arbeiten zu kompensieren und dabei eine gleichbleibende Qualität der Arbeit zu erzielen. Dieser Effekt kann auch im durchgeführten Experiment gewirkt haben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Kompensationsmechanismen nicht über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden können und bei längeren Untersuchungszeiten die messbare Fehlerrate zunehmen wird.

In der Untersuchungssituation wurden die Probanden regelmäßig unterbrochen und konnten ansonsten im Gegensatz z.B. zu der Situation in einem Großraumbüro in Ruhe arbeiten. Die Art der Aufgaben war durch die Operationalisierung mittels normierter PISA-Aufgaben relativ gleichbleibend. Es mussten Transferleistungen und Reproduktionen vorhandener Daten erbracht werden, während der typische Alltag eines Wissensarbeiters, aus wesentlich komplexeren, aber auch aus monotoneren Tätigkeiten bestehen kann. Somit ist die externe Validität der hier verwendeten normierten PISA-Aufgaben eingeschränkt. Die Art der Störungen ist hier ebenfalls reduziert im Vergleich zur Bürosituation. Außer computerbasierten und sozialen Störungen könnten in nachfolgenden Untersuchungen weitere Medien wie Telefon oder Instant Messenger mit einbezogen werden.

Untersuchungssituationen ziehen weiterhin nach sich, dass die Einstellung und Motivation, mit der die Probanden die Untersuchung absolvieren, nicht unbedingt auf die übliche Arbeitssituation generalisierbar ist. Dazu gehört auch die persönliche Relevanz der Aufgaben, die in der eigenen Arbeitssituation höher ausgeprägt ist als in einer Untersuchung. In der realen Arbeitssituationen ist der Wissensarbei-

Bedingungen	Vergleich	
	Büroalltag	Untersuchung
Arbeitszeit	Ca. 8 Std.	Ca. 1 Std.
Umgebungseinflüsse	Geräuschkulissen, Kollegen, weitere Störquellen	Abgeschirmter Raum
Kognitive Beanspruchung	Wechselnd, vernetztes Denken	Gleichbleibend
Autonomie Arbeitsplanung	Eigenverantwortung und Koordination der Arbeitsabläufe, Abwägen/Priorisieren von Arbeitsschritten	Keine Verantwortung
Kosten-Nutzen-Analyse	Persönliche Verantwortung für eigene Arbeitsproduktivität	Künstlich, Aussicht auf Gewinn
Störungsmanagement	Möglichkeit, Unterbrechungen abzuweisen	Keine Wahlfreiheit

Tabelle 5.7: Bedingungen der Untersuchung im Vergleich zu einer realen Bürosituation

ter dazu aufgefordert, seine Arbeitsabläufe eigenständig zu planen und diese mit weiteren Kollegen zu koordinieren. Durch die hohe Eigenverantwortung der Arbeitsplanung ergibt sich, zusammen mit den Verbindlichkeiten für zu leistende Ergebnisse, die Notwendigkeit, Arbeitsschritten zu priorisieren. Die beim Eintritt einer Unterbrechung durchgeführte Kosten-Nutzen-Analyse muss somit auch in Hinblick auf konkurrierende Ziele durchgeführt werden, was je nach Verbindlichkeiten und Zeitrahmen ein unterschiedliches Stressempfinden verursacht. So ist ersichtlich, dass eine solche Stresssituation nur schwer in einer künstlichen Arbeitsumgebung erschaffen werden kann.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es in einer experimentellen Untersuchung nur bedingt möglich ist, den komplexen Zusammenhang zwischen persönlicher Verantwortung zur Einhaltung von Verbindlichkeiten und autonomer, aber koordinierter Arbeitsplanung realitätsnah nachzubilden. Die Ergebnisse zeigen weiter, dass sich der zusätzliche Aufwand für explizites Unterbrechungsmanagement negativ auf das Stressniveau auswirken kann, und stützen somit das Vorhaben, unterbrechungsfreie Zeiten durch den Virtuellen Assistenten steuern zu lassen. In diesem Zusammenhang zeigt sich, dass sich die Art der durchgeführten Aufgaben unterschiedlich auf das generelle Stressniveau (Mathe-/Text-Aufgaben) auswirkt, aber auch das Stressniveau beim generellen Vorhandensein von Störungseinflüssen (Text-Aufgaben mit bzw. ohne Störungen) beeinflusst. Für das weitere Vorgehen lässt sich hieraus motivieren, dass der Virtuelle Assistent in seinem Inferenzschritt in der Lage sein sollte, unterschiedliche Aufgabenarten zu differenzieren.

6 Maschinelle Analyse von Informationen aus dem elektronischen Kalender

Die Ergebnisse der Fragebogenerhebung in Kapitel 4 zeigen in der befragten Stichprobe eine hohe Akzeptanz, Informationen aus dem elektronischen Terminkalender dem Virtuellen Assistenten zur Verfügung zu stellen. Auf Basis dieser Erkenntnis wurde nachfolgend untersucht, inwieweit sich gängige Klassifikationsalgorithmen dazu eignen, aus den Informationen eines elektronischen Kalenders höherwertige Kontextinformationen für das Unterbrechungsmanagement-System zu gewinnen. Beispielsweise könnte hiermit der Virtuelle Assistent um die Funktionalität erweitert werden, autonom die Beantwortung von Verfügbarkeitsanfragen durchzuführen. Das folgende Kapitel beschreibt die Architektur und Umsetzung eines generischen Sensors, um auf Informationen aus verschiedenen Kalender-Anwendungen zuzugreifen. Mit Hilfe der ebenfalls entwickelten Analysesoftware wurde anschließend eine empirische Untersuchung von repräsentativen Kalendereinträgen durchgeführt. Hierzu wurden 15 Probanden gebeten, jeweils ca. 50 eigene Kalendereinträge in den Kategorien *Ereignistyp*, *Privatsphäre*, *Ort* und *Kommunikationsverfügbarkeit* per Hand zu klassifizieren. Auf Basis des entstandenen Trainingsdatensatzes wurden gängige Klassifikationsalgorithmen wie Naive Bayes, Decision Trees und Support-Vektor-Maschinen auf ihre Klassifikationsgüte hin untersucht sowie eine Analyse der Merkmalsrelevanz durchgeführt.

6.1 Verwandte Arbeiten zur Mustererkennung in Kalenderinformationen

Im folgenden Abschnitt wird kurz auf die Möglichkeiten von digitalen Gruppenkalendern eingegangen, und es werden verwandte Arbeiten vorgestellt, welche für das Verständnis dieses Kapitels relevant sind.

6.1.1 Groupware Kalender Systeme

Die Verwendung von Kalendern ist eine zentrale Maßnahme, um im Zeitablauf von Berufs- und Privatleben geordnete Strukturen zu schaffen und eigene Arbeitsressourcen aufgrund übersichtlicher Darstellungen effektiv zu planen. Neben der eigenen Organisation und Koordination von Ereignissen mit Dritten ermöglichen es Kalender bei kontinuierlicher Verwendung, eine mögliche Überlastung durch Informationen zu reduzieren. Die in den Kalender externalisierten Informationen müssen nicht mehr im Gedächtnis vorgehalten werden, und es entfällt bei regelmäßiger Kontrolle die Gefahr, Ereignisse und Termine zu vergessen. Insbesondere digitale Kalender beschreibt Palen [Pal99] als ein Arbeits-Unterstützungswerkzeug, mit dem (a) effizient nach Prioritäten geplant werden kann, (b) man sich an Termine erinnern lassen kann und (c) man Informationen nach ihrem Zeitkontext für einen späteren Rückgriff archivieren kann.

Der Einsatz von Kalendern in der Büroumgebung weist starke Parallelitäten zum familiären Verwendungszweck auf [NBG09, KDK85]. Die Kalender enthalten neben den elementaren Angaben Zeit, Ort und Namen noch zusätzliche Informationen und farbliche Markierungen für die Priorisierung. Im Gegensatz zu privat verwendeten Kalendern werden Bürokalender als rein funktionale Objekte verwendet und müssen daher effizient, zuverlässig und effektiv sein [TGMN02].

Die in der Büroumgebung eingesetzten Groupware-Kalender-Systeme erweitern den koordinativen Ansatz des einfachen Kalenders, in dem beispielsweise Arbeitsgruppen auf gemeinsame Kalender oder auf persönlich freigegebene Kalenderinhalte über das Netzwerk zugreifen können. Die Vorteile eines Groupware-Kalender-Systems beschreibt Palen als die erweiterte Möglichkeit der Koordination auch für nicht physisch präsente Gruppenmitglieder [Pal99]. Somit lässt sich beispielsweise feststellen, wann ein Angestellter verfügbar und wo er zu welchen Zeiten am besten erreichbar ist, was jedoch gleichzeitig ein Problem aufgrund einer möglichen Verletzung der Privatsphäre darstellt [Pal99]. Zusätzlich können Kontakt- und Meetinginformationen ausgetauscht bzw. gegenseitig bestätigt werden. Neben der

Aktualität und Konsistenz der Daten besteht die wesentliche Kostenersparnis darin, dass Koordination bzw. Synchronisation auch geographisch verteilter Gruppen vereinfacht wird und beispielsweise ein Präsenztreffen eingespart werden kann.

6.1.2 Verwandte Arbeiten

Begole et. al [BTSY02a] untersuchen mit Hilfe von Informationen aus dem elektronischen Kalender, inwieweit sich Muster im Arbeitsrhythmus von Wissensarbeitern finden lassen. Auf Basis der Muster soll entschieden werden, ob und wann eine Zielperson zur Kommunikation verfügbar ist bzw. in welchem erwarteten Zeitfenster asynchrone E-Mail-Nachrichten gelesen werden. In einer empirischen Erhebung werden Aktivitätskurven der PC-Nutzung anhand von Merkmalen wie Maus-, Tastatur- und E-Mail-Aktivität erstellt und zusammen mit den erhobenen Kalendereinträgen analysiert. Die Auswertungen ermöglichen z. B., Rückschlüsse auf wiederkehrende Ereignisse in Projekten zu ziehen. Zum Teil lassen Anfangs- und Endzeit Schlüsse über die verwendeten Verkehrsmittel zu, so dass z.B. auf der Basis der Rhythmen im öffentlichen Nahverkehr eine genauere Vorhersage getroffen werden kann, wann die Zielperson wieder zurück ist oder wie lange sie noch verfügbar sein wird. Stellt man Inaktivität am PC in Kombination mit einer Reduzierung der Kalenderinformationen fest, so lässt dies z.B. auf Urlaubsphasen schließen, die sich gleichzeitig jedoch von Dienstreisen differenzieren lassen. Aktivitätsspitzen während eines sich wiederholenden Ereignisses lassen auf eine bevorstehende Abgabefrist schließen und die Vermutung, dass der Nutzer in dieser Zeit nicht durch Anfragen geringer Dringlichkeit unterbrochen werden möchte. Kurze Aktivitätspausen vor wiederkehrenden Kalendereinträgen lassen zusätzlich den Schluss zu, dass das zu besuchende Meeting an einem anderen Ort stattfindet und dass die Person während des Ortswechsels nur bedingt für eine spontane Kommunikation zur Verfügung steht. Eine automatisierte Auswertung auf Basis maschineller Lernalgorithmen stellen Mynatt und Tullio in ihrer Arbeit [MT01] vor. Das verwendete Bayesche Netz wird basierend auf den Attributen der Kalendereinträge, einem geführten Anwesenheitsverlauf und Informationen aus Interviews manuell erstellt und durch fortlaufendes Rückfragen zur Verfügbarkeit an den Benutzer kontinuierlich angepasst. Die Verfügbarkeit des Nutzers ergibt sich im Inferenzgraph aus den Faktoren Priorität und Wiederholung des Ereignisses, wobei sich die Priorität wiederum aus der Rolle des Benutzers und dem Typ des Ereignisses ableiten lässt. In einer weiterführenden Arbeit versuchen die Autoren die Klassifikationsgenauigkeit zu verbessern, indem die Inhalte der Kalendereinträge auf Wortebene, durch die vorgestellte TF×IDF-Metrik transformiert und mit einer Support-Vektor-Maschine nach Typ und Ort vorklassifiziert werden.

6.2 Untersuchungen von Kalendersensoren für den Virtuellen Assistenten

Die vorgestellten Arbeiten zeigen, dass die Informationen aus einem Onlinekalender ein wichtiges Merkmal für die Ermittlung (a) der Verfügbarkeit bzw. der Unterbrechungskosten des Nutzers ist. Hierbei zeigt sich, dass sowohl (b) der Aufenthaltsort des Nutzers als auch (c) der Typ des Eintrags eine hohe Relevanz für die Inferenz aufweisen. Geht man davon aus, dass ein Virtueller Assistent auch Voraussagen für bzw. autonome Antworten auf Verfügbarkeitsanfragen geben kann, ist es notwendig, vorliegende Kalendereinträge auch hinsichtlich (d) der Privatsphäre einschätzen zu können. Im Folgenden wird die Architektur des entwickelten Kalendersensors dargestellt und an einer Nutzerevaluation gezeigt, inwieweit die genannten Merkmale (a),(b),(c) und (d) durch maschinelle Lernalgorithmen vorklassifiziert werden konnten.

6.2.1 Systemdesign

In diesem Kapitel werden die Systemarchitektur (6.2.2) und die Umsetzung des entwickelten Kalendersensors beschrieben. Ausgehend von der Beschreibung der Gesamtarchitektur, folgt die Beschreibung der

einzelnen Systemmodule, deren Aufbau und Umsetzung. Im Anschluss wird auf die verwendeten Konvertierungsroutinen und erstellten Formate eingegangen. Ferner werden die unterstützten Kalenderanwendungen vorgestellt, und es wird auf die Extraktion der Kalenderereignisse sowie auf das Modul zum Zusammenführen doppelter Einträge (Duplikate) eingegangen.

6.2.2 Systemarchitektur

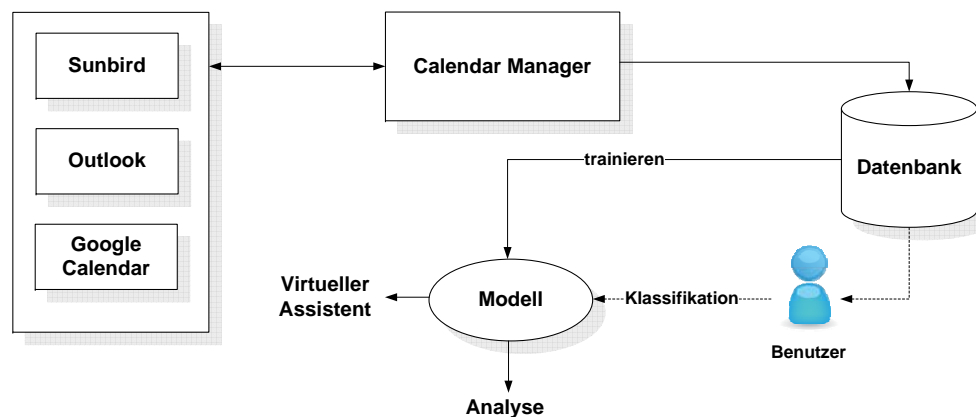


Abbildung 6.1: Systemarchitektur Kalendersensor

Die in Abbildung 6.1 entwickelte Architektur zeigt den Kern des Kalendersensors bestehend aus dem CalendarManager, der Datenbank zur persistenten Speicherung sowie dem Modell des Maschinellen Lernalers zur automatischen Klassifikation. Die modulare Architektur erlaubt es, verschiedene Kalenderanwendungen an den CalendarManager anzubinden. Die vorliegende Arbeit legte sich für die Umsetzung auf die drei meist genannten Anwendung fest, welche bei der Umfrage an der Stichprobe am Fachgebiet *Multimedia Kommunikation* genannt wurden. Dies waren der Kalender *Outlook* der kommerzielle Büroanwendung *Microsoft Office*, die freie Kalenderanwendung *Sunbird*¹ bzw. *Lightning*² für *Thunderbird*³ sowie die webbasierte Anwendung des *Google-Kalenders*⁴.

Der CalendarManager greift über die registrierten Kalenderplugins auf die Kalenderanwendungen zu und fasst die extrahierten Einträge zu einem neuen gemeinsamen Kalender zusammen. Dies ermöglicht es Nutzern, die mehrere unterschiedliche Kalender verwenden, alle Kalender zu integrieren, falls beispielsweise der Gruppenkalender auf dem *Google-Web-Kalender* basiert, der persönliche Arbeitskalender aber lokal in *Microsoft Outlook* geführt wird. Beim Zusammenfassen der Kalender werden die redundanten Einträge durch die ebenfalls umgesetzte Duplikaterkennung eliminiert. Die Abfrage, ob neue oder geänderte Einträge vorliegen, wird vom CalendarManager verwaltet, der gleichzeitig die Konsistenz mit der Datenbank aufrechterhält. Der Einsatz der persistenten Datenbank ermöglicht es dem System, im Wirkbetrieb auch dann Verfügbarkeitsentscheidungen durchzuführen, wenn keines der vorhandenen Anwendungsplugins mit ihrer Anwendung verbunden ist. Bevor die Kalendereinträge durch den Maschinellen Lerner klassifiziert werden können, werden die Kalenderdaten einer Vorverarbeitung unterzogen. In diesem Schritt werden nach der Tokenisierung ergebnisverzerrende Elemente wie z.B. Stoppwörter entfernt sowie ein Stemming durchgeführt, bevor die entstehenden Merkmale per $TF \times IDF$ -Metrik transformiert werden. Ist das Modell erstellt, kann nun jeder neue Eintrag sofort vorklassifiziert werden. Die Ergebnisse der erhobenen Stichprobe werden in Kapitel 6.3 vorgestellt.

¹ www.sunbird.de

² Plugin für den *Thunderbird*

³ freier E-Mail-Client

⁴ www.google.com

Für die interne Repräsentation der Daten aus den zusammengefassten Kalendern wurde in dieser Arbeit das *iCalendar*-Format gewählt. Dieses wurde als freier Standard 1998 in RFC2445 definiert und befindet sich in der aktuellsten Version von 2009 in RFC5545⁵ wieder. Das Kalenderformat ist dabei unabhängig vom speziellen Kalenderservice- oder Transportprotokoll und ermöglicht somit die plattformunabhängige Verwendung des Sensors für unterschiedliche Kalenderdienste. Kalenderanwendungen, die das *iCalendar*-Format unterstützen, können somit eingelesen werden. Diese Interoperabilität ist beispielsweise bei den Kalenderanwendungen *Sunbird*, *Lightning* und *Google* der Fall. Kalendereinträge der *Microsoft Outlook*-Anwendung müssen, aufgrund der Abweichung vom Standard, erst in das *iCalendar*-Format konvertiert werden, bevor beim Datenabgleich aller Kalender die Duplikaterkennung und die persistente Speicherung in der Datenbank möglich ist. Die meist verwendeten Attribute eines Kalendereintrags sind neben dem *Betreff* und durch den *Start- und Endzeitpunkt* des Ereignisses festgelegte *Dauer*, der *Ort* des Ereignisses [NBG09]. Während der *Betreff* und der *Ort* als Zeichenketten und die Zeitpunkte durch numerische Attribute repräsentiert werden, besteht das Format der Wiederholung eines Ereignisses aus einer komplexeren Datenstruktur, die in Tabelle 6.1 dargestellt ist.

Der Zugriff auf die drei ausgewählten Kalenderanwendungen musste jeweils auf Basis einer unterschiedlichen Schnittstelle realisiert werden. Hierzu wurde beispielsweise die Kommunikation über eine COM-Schnittstelle und über eine Webschnittstelle umgesetzt, wie auch der Zugriff auf eine nicht offengelegte Datenbankstruktur realisiert.

Sunbird/Lightning

Die freien Kalenderanwendungen *Mozilla Sunbird* und *Lightning* beinhalten neben der Verwaltung von Terminen und Aufgaben die Funktionalität einer Erinnerungsfunktion. Da *Sunbird* und *Lightning* auf einer *SQLite*⁶-Datenbank zur Speicherung der Daten aufsetzt, war es möglich, durch Reengineering der Datenbankstruktur Zugriff auf die Kalenderdaten zu bekommen.

Google Calendar

Der webbasierte und damit vielseitig zugängliche Kalender der Firma *Google* ermöglicht neben den Basisfunktionalitäten der Terminverwaltung zusätzlich die Funktionalität, Kalender mit weiteren Personen und Gruppen zu teilen oder gemeinsam zu nutzen. Die offengelegte Webschnittstelle ermöglicht es auf Basis einer Java-Bibliothek, auf alle Daten über das *Google Data Protocol*⁷ effizient zuzugreifen.

Outlook

Die kommerzielle Büroanwendung *Microsoft Outlook* umfasst, neben der E-Mail-Kommunikation und der Verwaltung von Personen, Adressen und Notizen die Einbindung eines Kalenders. Da die Einträge des *Outlook*-Kalenders nicht konform zum *iCalendar*-Format vorliegen, mussten die Im- und Exportfunktionen im Anwendungsplugin angepasst werden. Für den Zugriff auf den Datenbestand der *Outlook*-Anwendung steht eine COM- oder OLE-Schnittstelle mit nativen Methoden und Applikationen zur Verfügung. Mit Hilfe eines *Java Native Interface* (JNI) implementiert durch die *JACOB*-Bibliothek⁸ ließ sich somit (wie in Abbildung 6.2 dargestellt) eine „Brücke“ zwischen Java und der COM-Schnittstelle ermöglichen. Der durch das JNI entstehende Nachteil der Plattformabhängigkeit musste damit in Kauf genommen werden, so dass *Outlook*-Varianten, die z.B. bei einem Nutzer mit *Apple Macintosh*-Betriebssystem arbeiten, nicht ohne weitere Modifikationen integriert werden können.

⁵ <http://tools.ietf.org/html/rfc5545>, *Internet Calendaring and Scheduling Core Object Specification (iCalendar)*

⁶ *SQLite*: <http://www.sqlite.org/>

⁷ <http://code.google.com/intl/de-DE/apis/gdata/>

⁸ Java API, erlaubt Zugriff über die COM-Schnittstelle: <http://danadler.com/jacob/>

ID	Muster	Type	BYDAY	BYMONTHDAY	BYMONTH	INTERVAL
1	täglich	daily	-	-	-	1
2	alle n Tage	daily	-	-	-	n
3	jeden Werktag	daily	Mo, Di, Mi, Do, Fr (optional)	-	-	1
4	wöchentlich	weekly	Mo, Di, Mi, Do, Fr, Sa, So (optional)	-	-	1
5	alle n Wochen	weekly	Mo, Di, Mi, Do, Fr, Sa, So (optional)	-	-	n
6	monatlich	monthly	-	1-31 (optional)	-	1
7	jeder n-te Monat	monthly	-	1-31 (optional)	-	n
8	jeder $\left\{ \begin{array}{l} 1. \ Mo \\ 2. \ Di \\ 3. \ Mi \\ 4. \ Do \\ 5. \ Fr \\ 6. \ Sa \\ 7. \ So \end{array} \right.$	monthly	1-5 $\left\{ \begin{array}{l} Mo \\ Di \\ Mi \\ Do \\ Fr \\ Sa \\ So \end{array} \right.$	-	-	1
9	jeder letzte $\left\{ \begin{array}{l} Mo \\ Di \\ Mi \\ Do \\ Fr \\ Sa \\ So \end{array} \right.$	monthly	-1-5 $\left\{ \begin{array}{l} Mo \\ Di \\ Mi \\ Do \\ Fr \\ Sa \\ So \end{array} \right.$	-	-	1
10	jeder letzte Tag im Monat	monthly	-	-1	-	1
11	jeder 1. Tag im Monat	monthly	-	1	-	1
12	jährlich	yearly	-	1-31 (optional)	1-12	1
13	alle n Jahre	yearly	-	1-31 (optional)	1-12	n
14	jeder $\left\{ \begin{array}{l} 1. \ Mo \\ 2. \ Di \\ 3. \ Mi \\ 4. \ Do \\ 5. \ Fr \\ 6. \ Sa \\ 7. \ So \end{array} \right.$	yearly	siehe BYDAY von 8.	-	1-12	1
15	jeder letzte $\left\{ \begin{array}{l} Mo \\ Di \\ Mi \\ Do \\ Fr \\ Sa \\ So \end{array} \right.$	yearly	siehe BYDAY von 9.	-	1-12	1

Tabelle 6.1: Muster für die Wiederholung nach dem iCalendar-Standard

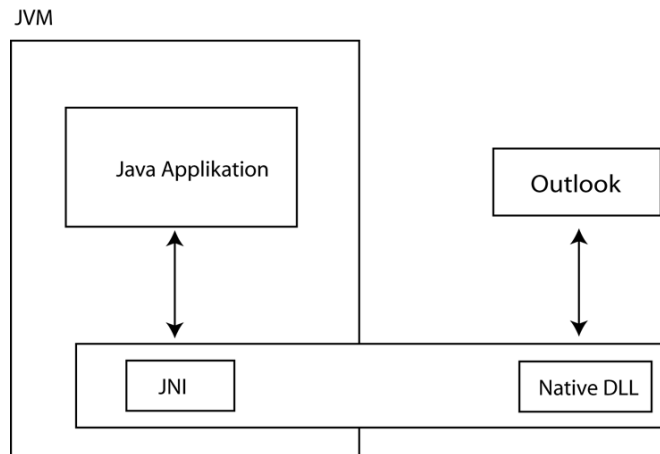


Abbildung 6.2: Anbindung von *Outlook* über JNI

Duplikaterkennung und Datenfusion

Redundante bzw. duplizierte Kalendereinträge können bereits in einem einzelnen Kalender vorkommen, entstehen jedoch meist beim Zusammenfügen und Synchronisieren von mehreren Kalendern. Die Kalendereinträge sind daher meist identisch bzw. weisen hohe Ähnlichkeiten auf. Wie im Beispiel (Tabelle 6.2) repräsentieren die Einträge aus den beiden Kalendern dasselbe Ereignis mit demselben Termin. Sie unterscheiden sich lediglich dadurch, dass in Kalender 2 der Name der Stadt abgekürzt ist. Die Herausforderung liegt also dabei, Einträge mit „ungleichen“ Attributen auf der Datenebene, wie Titel, Ort und Beschreibung, mit semantisch „gleichen“ Einträgen zu identifizieren.

Bei der *Duplikaterkennung* ist es das generelle Ziel innerhalb von Datensätzen, wobei ein Datensatz durch mehrere Merkmale beschrieben wird, zu erkennen, ob zwei oder mehrere Einträge dasselbe *Realweltobjekt* beschreiben [HH09]. Um einen Vergleich der Datensätze zu ermöglichen, müssen diese, falls notwendig, zuerst mit Hilfe einer Transformationsfunktion in einen gemeinsamen Merkmalsraum transformiert werden. Liegen zwei Datensätze im selben Merkmalsraum, kann nun anhand einer Metrik bzw. eines definierten Ähnlichkeitsmaßes die Ähnlichkeit bestimmt werden, wobei letztendlich ein Schwellwert entscheidet, welche Datensätze als Duplikat erkannt werden.

Kalendereintrag aus Kalender 1							
Titel	Ort		Von	Bis	Beschreibung	Wiederholung	Erinnerung
Meeting in Frankfurt	Frankfurt	am	11:00	12:00	Produktvorstellung	–	2 Tage vorher
	Main						

Kalendereintrag aus Kalender 2							
Titel	Ort		Von	Bis	Beschreibung	Wiederholung	Erinnerung
Meeting in Ffm	Ffm		11:00	12:00	Produktvorstellung	–	2 Tage vorher

Tabelle 6.2: Ähnliche Kalendereinträge

Ein für diese Arbeit relevantes Ähnlichkeitsmaß ist die *Levensteindistanz*, welche die *Gesamtkosten* für die Überführung einer Zeichenkette in eine andere Zeichenkette darstellt. Der Levensteinalgorithmus vergleicht hierbei Zeichen für Zeichen und summiert die Unterschiede als Kosten auf, was folglich zu je höheren Kosten führt, je größer die Distanz [HH09] ist. Da das Levensteinverfahren sehr empfind-

lich auf Zeichendreher, z.B. durch Tippfehler in einer Zeichenkette, reagiert, ermöglicht das Einbeziehen der *Typewriter-Distanz*, also eine Gewichtung hinsichtlich der Abstände der Zeichen einer normalen QWERTZ-Tastatur, mögliche Tippfehler geringer bei dem Ersetzten von Zeichen zu gewichten. Sind die Distanzmetriken für die unterschiedlichen Merkmale festgelegt, kann die Duplikaterkennung mit Hilfe eines paarweisen Vergleichstests auf den Datensätzen durchgeführt werden. Um den hierbei entstehenden quadratischen Aufwand zu vermeiden, werden effiziente Partitionierungsstrategien (so genannte *Sorted Neighborhood Verfahren*) eingesetzt, um durch eine vorherige Sortierung nur noch Datensätze in unmittelbarer Nähe zu vergleichen [HH09]. Das prinzipielle Vorgehen kann in den folgenden drei Phasen ablaufen:

1. *Schlüsselbildung*: In der ersten Phase werden den Datensätzen Schlüssel zugeordnet, nach denen die Datensätze sortiert werden können.
2. *Sortierung*: In der zweiten Phase werden alle Schlüssel sortiert, so dass alle ähnlichen Datensätze nahe beieinander liegen. Der Sortieralgorithmus kann frei gewählt werden.
3. *Vergleichen*: In der dritten und letzten Phase des Algorithmus, wird ein Fenster mit fester Größe w über alle Datensätze geschoben (*sliding window*). Innerhalb dieses Fensters werden nun alle Datensätze paarweise miteinander verglichen, und es wird dann anhand des Schwellwertes entschieden, ob es sich um Duplikate handelt. Anschließend wird das Fenster einen Datensatz weiter verschoben, so lange, bis der letzte Datensatz erreicht ist.

Zur Duplikaterkennung der Kalenderanwendung kann die Effizienz der Vergleichsverfahren dahingehend optimiert werden, dass die Fensterfunktion nur innerhalb eines gewissen Zeitrahmens verschoben wird, d.h. mögliche Datensätze nur miteinander verglichen werden, wenn sie innerhalb einiger Stunden oder Tage Ähnlichkeit aufweisen.

Preprocessing

Bevor die unveränderten Kalendereinträge aus der Datenbank zur Modellbildung herangezogen werden können, müssen aus dem Eintrag die für das Modell relevanten Merkmale extrahiert und irrelevante Merkmale entfernt werden. Um die Qualität des Modells zu verbessern, muss daher versucht werden, in geschickt gewählten Preprocessing-Schritten Informationen, die implizit in den Einträgen vorhanden sind, zu extrahieren. Diese zusätzlichen Informationen können dann entsprechend zur Auswertung herangezogen werden, wodurch ein Mehrwert entsteht (in diesem Fall wird im Rahmen dieser Arbeit von einer *Mehrwertinformation* gesprochen).

Abbildung 6.3 gibt eine Übersicht über die wesentlichen Merkmale, die aus einem Kalendereintrag extrahiert werden können. Zur Extraktion von Mehrwertinformationen können die Merkmale im Wesentlichen in *Zeit-* und *Textmerkmale* unterschieden werden. Zu den Zeitmerkmalen gehören im Wesentlichen die Start- und Endzeitpunkte, Erinnerungen und Einträge für Wiederholungen. Mehrwertinformationen, die durch das Preprocessing auf den Zeitmerkmalen entstehen, sind z.B. die Tageszeit (morgens, mittags, abends) und die Zeitdauer (Differenz zwischen Start- und Endzeitpunkt) eines Eintrags. Zu den Textmerkmalen gehören z.B. Angaben über Titel, Ort und Beschreibung eines Kalendereintrages. Da der Inhalt dieser Merkmale vom Benutzer frei gewählt wird, kann der beliebige Textinhalt Mehrwertinformationen enthalten. Der beispielhafte Eintrag „Meeting in Darmstadt mit Prof. Steinmetz“ enthält somit Mehrwertinformationen über Ort (Stadt), die Kategorie des Eintrags und die Person. Der Eintrag „Telefonkonferenz mit der ProjektAG“ gibt ebenfalls Aufschluss über Kategorie und Zielsubjekt des Eintrags. Um die Mehrwertinformationen zu extrahieren, werden, neben den aus der frei verfügbaren Data-Mining-Bibliothek *Weka*⁹ bereitgestellten Preprocessing-Methoden (Filter), zusätzliche kalender-spezifische Filter benötigt. Die umgesetzten Filter sind in Tabelle 6.3 dargestellt. Der *Wortfilter* wird auf Kalendermerkmale mit Textinhalt angewandt und zerlegt die Wörter mittels eines Wortokenisierers in Tokens bzw. in Wörter als kleinste Texteinheiten. Die Wörter werden dann, nach einer sprachspezifischen

⁹ <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/>

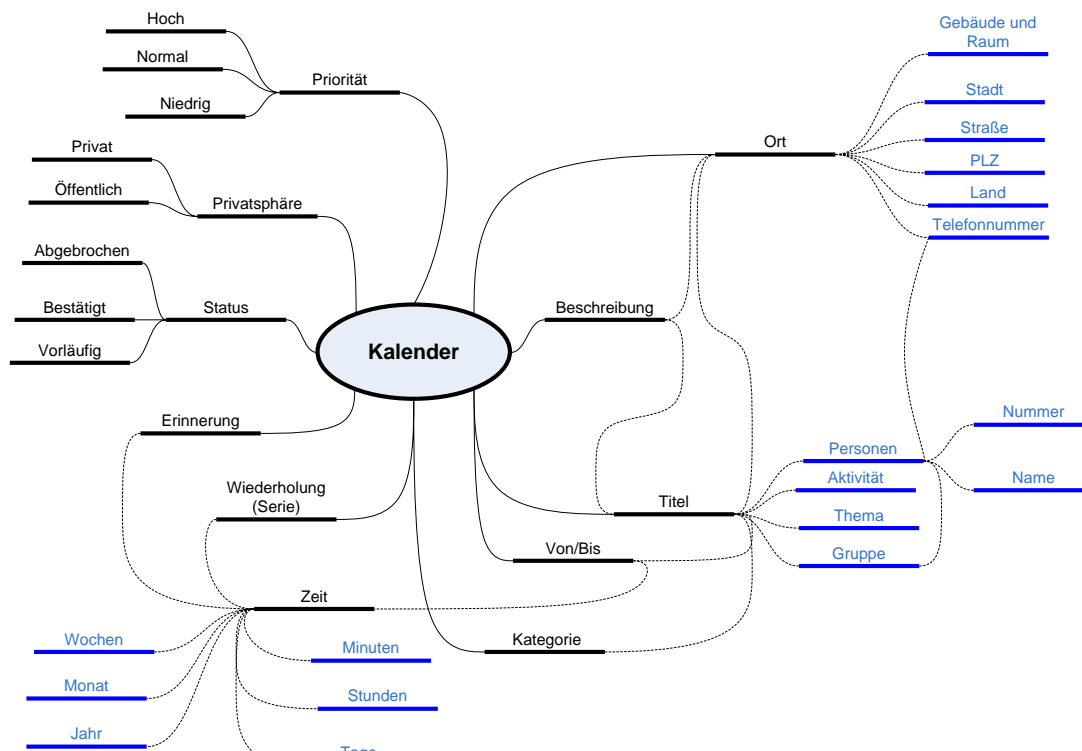


Abbildung 6.3: Merkmale Kalender

Filter	Aufgabe	Merkmale
Wortfilter	Zerlegung der Textattribute (Titel, Ort, Beschreibung)	In den Wortstamm überführte Wörter
Datumfilter	Zerlegung und Generierung der Zeitattribute	Stunde, Minute, Sekunde, Wochentag, Tag im Monat, Tag im Jahr, Woche im Monat, Woche im Jahr, Monat, Jahr, Dauer, Tageszeit

Tabelle 6.3: Angewendete Filter

Stoppwortfilterung und der Rückführung auf den Wortstamm, intern durch einen numerischen Wert repräsentiert. Die Ausprägung des entstehenden Merkmals wird anhand der Häufigkeit des Auftretens des Wortes ermittelt, so dass das Fehlen des Wortes beispielsweise mit einer 0 repräsentiert wird. Der ebenfalls in Tabelle 6.3 ersichtliche *Datumfilter* beschreibt die Aufarbeitung der Zeitmerkmale. Beispielsweise wird aus einem Kalendereintrag der Wochentag extrahiert und durch ein numerisches Merkmal in den Ausprägungen Montag (1) bis Sonntag (7) repräsentiert. Durch die Modellierung des Merkmals lassen sich somit zyklische Muster in den Kalendertagen erkennen. Nehmen wir an, ein Wissensarbeiter nutzt die Möglichkeit donnerstags (4) des Öfteren von seinem Heimarbeitsplatz aus zu arbeiten. Klassifiziert dieser Nutzer seinen Aufenthaltsort Donnerstags mit „zu Hause“, steigt für jeden folgenden Donnerstag aufgrund des Merkmals *Wochentag*, die A-priori-Wahrscheinlichkeit, dass der Nutzer donnerstags nicht direkt im Büro anzutreffen ist.

Vorklassifizierung mittels Clustering

Zur Analyse und automatischen Klassifikation der Kalendereinträge wird in dieser Arbeit eine Kombination aus unsupervised und supervised Batch-Learning eingesetzt. Zu diesem Zweck erstellt der Klassifizierer aufgrund einer vom Nutzer manuell klassifizierten Trainingsdatenmenge ein Modell, anhand dessen im Nachhinein hinzugefügte Kalendereinträge innerhalb der Klassen Ereignistyp, Privatsphäre, Ort und Verfügbarkeit eingestuft werden sollen.

Da das manuelle Klassifizieren der Kalendereinträge, das so genannte *Labeln*, sehr kostspielig ist, da es Aufmerksamkeit des Nutzers benötigt, wird mit der vorherigen Clusteranalyse versucht, Einträge für die manuelle Klassifikation auszuwählen, die eine hohe Lernrate ermöglichen. Zu diesem Zweck werden die noch nicht klassifizierten Merkmalsvektoren mit einer Clusteranalyse untersucht und so genannte Zentroiden, also typische Kalendereinträge, ausgewählt und dem Benutzer zur Klassifikation vorgelegt. Werden beispielsweise zwei Kalendereinträge klassifiziert, die sich sehr ähneln, wie z.B., wenn zwei Einträge der gleichen Terminwiederholung vorliegen, so wird durch den zweiten Eintrag ein nur sehr geringer Lernzuwachs erzielt. Das Clusterverfahren versucht also, aus den erstellten n-dimensionalen Datensätze diejenigen Instanzen zu selektieren, die im n-dimensionalen Raum einen maximal großen Abstand zueinander haben. Der hier eingesetzte Clusteringalgorithmus k-Means benötigt zur Aufteilung der Datenmenge die anvisierte Anzahl von Cluster. Der Benutzer muss sich daher im Vorfeld dazu entscheiden, wie viele Kalenderinstanzen er bereit ist vorzuklassifizieren, die dann als Trainingsdaten für den Klassifizierer bereitgestellt werden. Abbildung 6.4 zeigt die entworfene grafische Benutzerschnittstelle zur manuellen Vorklassifikation. Ebene (1) in Abbildung 6.4 gibt dem Nutzer eine Übersicht über alle Detailinformationen des Kalendereintrags. Ebene (2) zeigt den Kalendereintrag in der Darstellung eines Wochenverlaufs, um den Eintrag dem Kontext des Nutzers anzupassen. Ebene (3) zeigt das Auswahlmenü zur manuellen Klassifikation.

6.3 Evaluation

Der folgende Abschnitt behandelt die nach der Erstellung des Kalendersensors durchgeführte Evaluation des Systems. Hierzu wurden reale Kalenderdaten in einer Stichprobe von Testpersonen erhoben und anschließend der entstandene Trainingsdatensatz hinsichtlich der Relevanz der Merkmale untersucht (6.3.3) sowie die Güte unterschiedlicher Klassifizierungsalgorithmen (6.3.3) auf dem Trainingsdatensatz ermittelt.

6.3.1 Stichprobe

Die untersuchte Stichprobe setzte sich aus 15 Mitarbeitern des Fachgebiets *Multimedia Kommunikation* der Technischen Universität Darmstadt zusammen. Jede Person installierte unter Anweisung den Kalen-

Abbildung 6.4: Feedbackinterface zur manuellen Klassifikation von Kalendereinträgen

dersensor sowie das Programm zur manuellen Klassifikation der Kalendereinträge. Zunächst wurden alle Daten aus den verwendeten Kalendern extrahiert und durch die Merkmalsvorverarbeitung aufbereitet.

Da es mitunter schwierig für einen Nutzer sein kann, sich an Einträge zu erinnern, die weiter zurück in der Vergangenheit liegen und sich dies eventuell negativ auf die Qualität der Trainingsdaten ausüben könnte, mussten die Daten auf hinreichende Aktualität getestet werden. Die Zeitdauer der manuellen Klassifikation sollte als Maßgabe zwischen 20 und 30 Minuten betragen, so dass im Schnitt zwischen 40 und 50 seiner Kalendereinträge jedem Probanden dargestellt werden konnten. Entsprechend dieser Maßgabe wurde die manuell zu klassifizierende Teilmenge von 40–50 Kalendereinträgen durch das in Abschnitt 6.2.2 beschriebene Bilden von Clustern und die Wahl eines repräsentativen Kalendereintrags für jeden Cluster generiert. Anschließend wurde jeder Proband dazu aufgefordert, die Kalendereinträge manuell (anhand der in Tabelle 6.4 aufgeführten vorgegebenen Ausprägungen) den Klassen zuzuordnen.

Klasse	Ausprägung			
Ereignistyp	Meeting	Erinnerung	Aufgabe	Anderer Typ
Privatsphäre	Arbeitsgruppe	Abteilung	Keiner (Privat)	
Ort	Arbeitsplatz	KOM	Extern	Zu Hause
Verfügbarkeit	Hoch	Mittel	Nicht verfügbar	

Tabelle 6.4: Vorgegebene Klassen zur Klassifizierung von Kalendereinträgen

Nach der Erhebung der Daten stand insgesamt eine Menge von 6.150 Kalendereinträgen zur Analyse bereit, wobei 730 (ca. 10%) davon vorklassifiziert und als Trainingsdaten genutzt werden konnten.

Privatsphäre

Da die untersuchten Kalenderdaten möglicherweise auch sensitive Informationen der Mitarbeiter enthalten, wurden bei der Erhebung folgende Maßnahmen zum Schutz der Privatsphäre umgesetzt: Den Probanden wurde es (a) freigestellt, an der Erhebung teilzunehmen, und (b) die manuelle Klassifikation der Kalenderinformationen wurde auf dem Rechner der Person selbst durchgeführt, so dass die Daten nicht per Netzwerk transferiert werden mussten. Bevor die Datei mit den erhobenen Daten per USB-Stick vom Nutzer-Rechner transferiert wurde, wurden die Wortmerkmale in einer letzten Stufe (c) per Hashfunktion unkenntlich gemacht und die Datei mit den klassifizierten Merkmalen dem Nutzer zur Einsicht und letzten Zustimmung dargestellt.

6.3.2 Generelle Schlüsse aus den Kalenderinformationen

In einem ersten Schritt wurden die erhobenen Kalenderinformationen betrachtet, um zu analysieren, welche generellen Erkenntnisse aus den Einträgen und somit aus dem Arbeitsverhalten für die Umsetzung des Virtuellen Assistenten genutzt werden können. Dabei beschränkte sich die Auswertung auf die Zeitattribute in Kombination mit der manuell zugefügten Klasseneinteilung, da die Textmerkmale aufgrund der Anonymisierung durch Hashwerte keinen Aufschluss mehr gaben. Wie in Abbildung 6.5a im

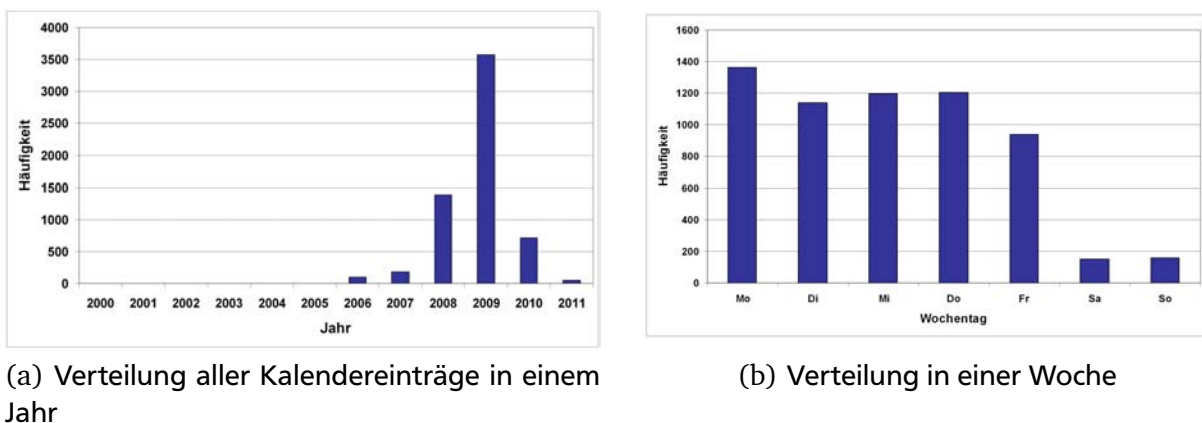


Abbildung 6.5: Verteilung von Kalenderdaten über den Zeitraum von Jahren und innerhalb einer Woche

Histogramm dargestellt, befinden sich die meisten Kalendereinträge im Zeitraum zwischen den Jahren 2008 und 2010. Daher wird davon ausgegangen, dass sich die Probanden an die eingetragenen Termine hinreichend genug erinnern konnten, um eine manuelle Klassifikation durchzuführen. Abbildung 6.5b stellt die erhobenen Einträge im Wochenverlauf dar. Es ist ersichtlich, dass sich der gesammelte Datensatz fast ausschließlich auf die Arbeitswoche, also den anvisierten Zeitraum der Untersuchung, beschränkt. Das gezeigte Maximum am Montag lässt sich dadurch erklären, dass am Fachgebiet *Multimedia Kommunikation* montags die meisten offiziellen Arbeitstreffen stattfinden.

Die Darstellung des klassifizierten Ereignistyps in Abbildung 6.6 lässt darauf schließen, dass der Kalender im Wesentlichen dazu verwendet wird, Termine von Meetings (60,2%) zu organisieren, und nur wenig zur zeitlichen Arbeitsplanung eigener Aufgaben (ToDo, 8,6%) benutzt wird. Am zweithäufigsten wird die Erinnerungsfunktion angegeben (21,7%), gefolgt von anderen Typen der Verwendung (9,5%).

Das Histogramm aus Abbildung 6.7 zeigt den Verlauf des Arbeitstages hinsichtlich der Kalendereinträge. Hieraus lässt sich erkennen, dass die zwei Maximalwerte gegen 10:00 und 14:00 Uhr die Kernarbeitszeit widerspiegeln und hier die meisten (nach Interpretation von Abbildung 6.6) Meetings

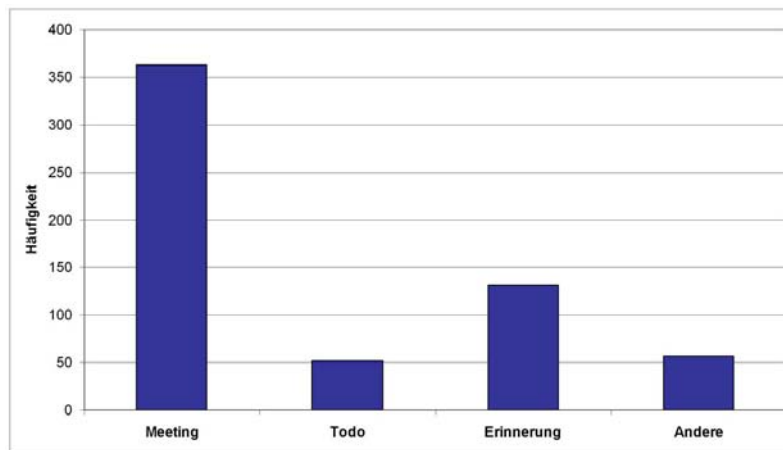


Abbildung 6.6: Verteilung der Merkmalsausprägung der Klasse Ereignistyp (N = 603)

eingepplant sind. Die Verteilung der Dauer eines Eintrags (Abbildung 6.8) zeigt das überwiegende Vorkommen von einstündigen Einträgen, sowie von Ganztagsereignissen, die durch die 24-Stunden-Dauer repräsentiert werden. Die manuelle Klassifikation hinsichtlich des eigenen Aufenthaltsortes während ei-

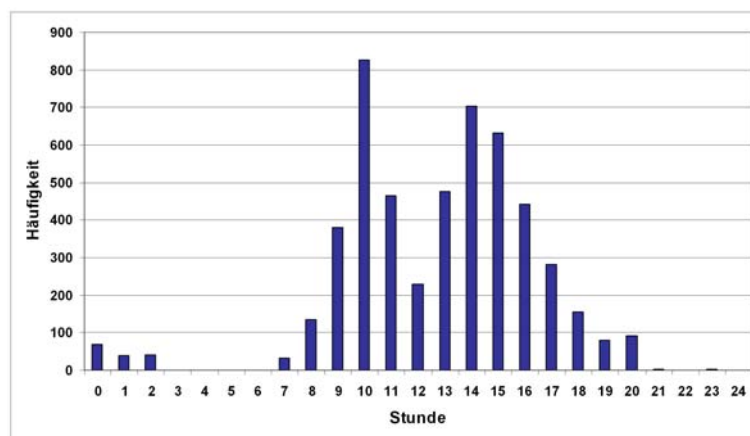


Abbildung 6.7: Termineinträge im Verlauf eines Arbeitstages

nes Kalendereintrags zeigt, dass sich in nur 7,6% der Fälle die Mitarbeiter auch physisch direkt an ihrem eigenen Arbeitsplatz befinden (siehe Abbildung 6.9). Das bedeutet, dass allein die Tatsache, dass der Nutzer einen Eintrag in seinem Kalender hat, ein deutlicher Hinweis darauf ist, dass er sich nicht an seinem Arbeitsplatz befindet und beispielsweise dort kein Telefonat führen bzw. annehmen kann.

Alle eingesetzten Kalender bieten die Funktion, einen Eintrag explizit als Erinnerung zu markieren, um sich z.B. kurz vor einem anstehenden Ereignis von der Kalenderanwendung notifizieren zu lassen. Der Zusammenhang zwischen der Erinnerungsfunktion eines Kalendereintrags und der Klassifikation eines Kalendereintrags als Erinnerung lässt sich anhand von Abbildung 6.10 und Tabelle 6.5 jedoch nicht verifizieren.

Es ist zu sehen, dass die Erinnerungsfunktion kaum Anwendung findet. Wird diese Funktion verwendet, kann jedoch nicht eindeutig darauf geschlossen werden, ob es sich um eine Erinnerung handelt oder ob die Funktion viel häufiger für andere Ereignistypen benutzt wird.

Aus den analysierten Daten lassen sich für den Virtuellen Assistenten daher folgende Schlüsse ziehen:

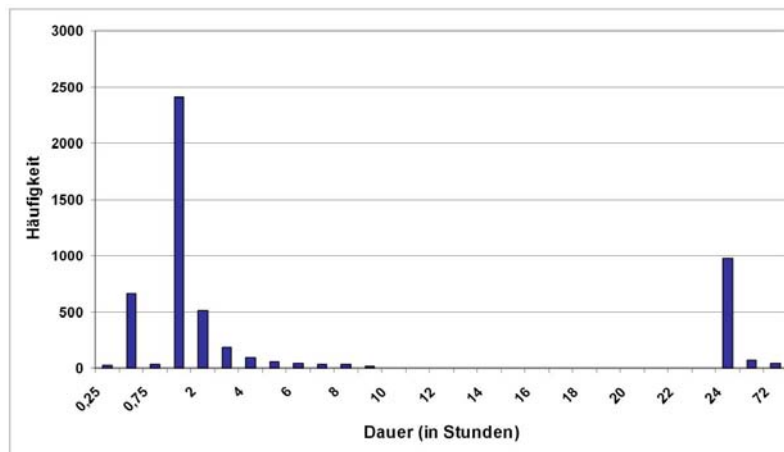


Abbildung 6.8: Verteilung über Zeitdauer von Kalenderereignissen

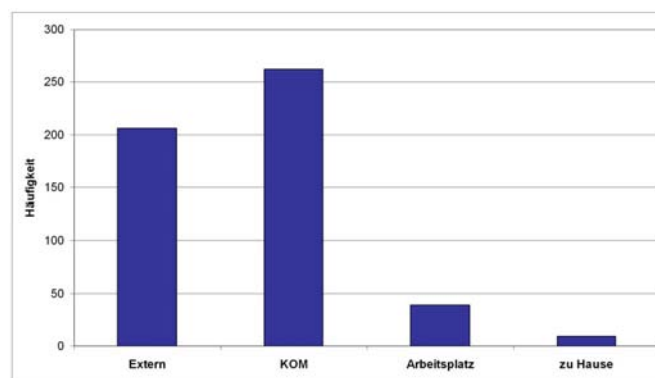


Abbildung 6.9: Verteilung der Merkmalsausprägung der Klasse Ort (N=516)

- Ist generell ein Kalendereintrag vorhanden, ist es sehr unwahrscheinlich, dass sich der Nutzer zu dieser Zeit an seinem Arbeitsplatz befindet. Dies könnte beispielsweise dafür eingesetzt werden, dass eingehende Telefonanrufe direkt z.B. auf das Mobiltelefon umgeleitet werden.
- Das Verhalten kann mittels Kalendereinträgen überprüft werden. Falls diese nicht aktuell sind, kann nachgefragt werden, wie dieser Eintrag klassifiziert wird.
- Trotzdem kann ein Kalenderereignis als Indikator dienen und sich damit eine weitere Regel für den Virtuellen Assistenten formulieren lassen. Wenn zum Anrufzeitpunkt ein Termin im Kalender vorhanden ist, sollte der Virtuelle Assistent den Anruf auf das Mobiltelefon weiterleiten, weil es statistisch erfolversprechender und schneller ist, den Wissensarbeiter über das Mobiltelefon zu erreichen.
- Die Erinnerungsfunktion ist kein verlässlicher Indikator für den Typ des Kalendereintrages. Hierzu ist eine Überprüfung auf individuellem Level erforderlich.

		Klassifiziert als Erinnerung	
		ja	nein
Erinnerung	ja	44 (6,3%)	54 (7,8%)
	nein	101 (14,6%)	494 (71,3%)

Tabelle 6.5: Verwendung des Erinnerungsfelds und spätere Klassifikation als Erinnerung N=693

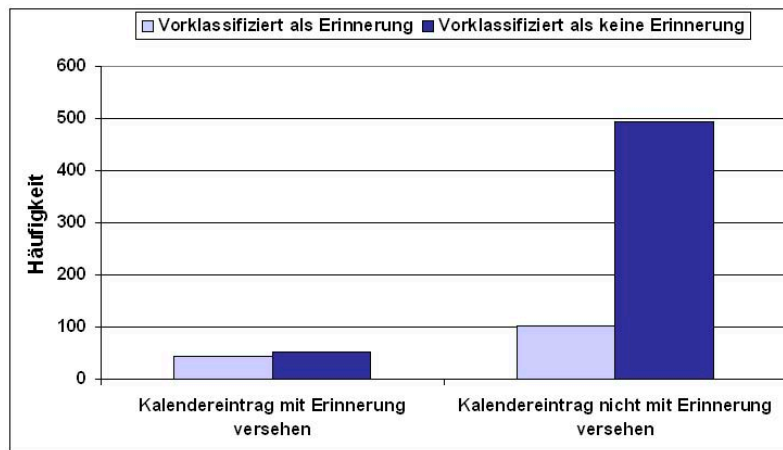


Abbildung 6.10: Zusammenhang zwischen der Kalenderfunktion *Erinnerung* und der manuellen Klassifizierung als Erinnerung

6.3.3 Klassifikationsgüte und Merkmalsrelevanz

Nach der quantitativen Betrachtung der erhobenen Kalenderinformationen wird im Folgenden untersucht, welche Klassifikationsgüte mit Hilfe unterschiedlicher Algorithmen auf dem Testdatensatz erreicht werden kann. Zu diesem Zweck wurde die Data-Mining-Bibliothek *Weka* eingesetzt. Als Klassifikationsalgorithmen wurden die Algorithmen *ZeroR* als Referenzklassifizierer, der Regellerner *JRip*, das Entscheidungsbaumverfahren *J48*, der *Naive-Bayes-Algorithmus* sowie der *SMO*-Klassifizierer auf Basis einer Support-Vektor-Maschine verwendet. *ZeroR* dient als Basisreferenz, indem sich die Entscheidung lediglich an den A-priori-Wahrscheinlichkeiten aller Klassen orientiert. D.h., im Klassifikationsschritt wird immer für diejenige Klasse entschieden, die im Trainingsdatensatz am häufigsten vorhanden ist. Als Evaluationsverfahren wurde das in Abschnitt 6.3 beschriebene 10-fache Kreuzvalidierungsverfahren verwendet.

	Ereignistyp		Privatsphäre		Ort		Verfügbarkeit	
	Korrekt klassifiziert	Inkorrekt klassifiziert	Korrekt klassifiziert	Inkorrekt klassifiziert	Korrekt klassifiziert	Inkorrekt klassifiziert	Korrekt klassifiziert	Inkorrekt klassifiziert
ZeroR	62,05%	37,95%	37,13%	62,87%	51,73%	48,27%	49,61%	50,39%
JRip	67,24%	32,76%	65,63%	34,37%	61,94%	38,06%	74,57%	25,43%
J48	68,25%	31,75%	62,69%	37,31%	56,18%	43,82%	73,93%	26,07%
Naive Bayes	65,08%	34,92%	54,58%	45,42%	53,52%	46,48%	63,51%	36,49%
SMO	68,11%	31,89%	62,35%	37,65%	60,13%	39,87%	67,77%	32,23%

Tabelle 6.6: Vergleich der Klassifikationsgenauigkeit verschiedener Klassifizierer bei einer 10-fachen Kreuzvalidierung

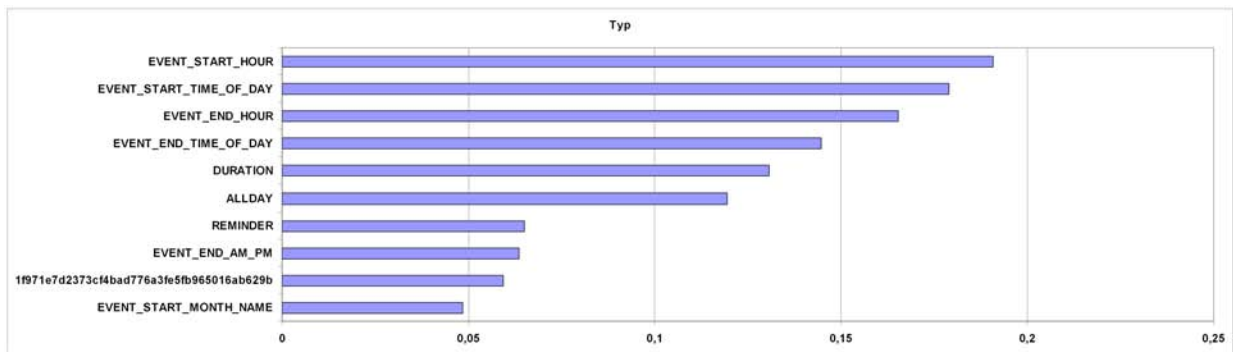
Tabelle 6.6 stellt den Vergleich der Klassifikationsgüte der unterschiedlichen Algorithmen dar. Hinsichtlich der Klasse *Ereignistyp* mit den Ausprägungen *Meeting*, *Erinnerung*, *Aufgabe* und *Anderer Typ* lässt sich erkennen, dass die höherwertigen Klassifikationsalgorithmen eine nur unwesentlich höhere Genauigkeit erzielen als der naive Ansatz des Referenzklassifizierers. Der auf Entscheidungsbäumen basierende Al-

gorithmus J48 (68,25%) erzielt in dieser Klasse das beste Ergebnis, ist hiermit aber nur geringfügig besser als der Referenzwert durch ZeroR (62,05%). Betrachtet man hierzu die durch das Information Gain errechnete Merkmalsrelevanz in Abbildung 6.11a, sieht man, dass die Zeitattribute der Start- und Endzeitpunkte eine hohe Gewichtung erhalten. In Abschnitt 6.3.2 wurde diskutiert, dass die Funktion, einen Kalendereintrag explizit als Erinnerung zu markieren, innerhalb der Stichprobe nur sehr wenig in Anspruch genommen wurde bzw. eine geringe Aussagekraft über den Typ des Ereignisses hat. Dies wird dadurch bestätigt, dass die Relevanz des Merkmals *REMINDER*, durch das Information Gain berechnet, erst an siebter Stelle platziert wird.

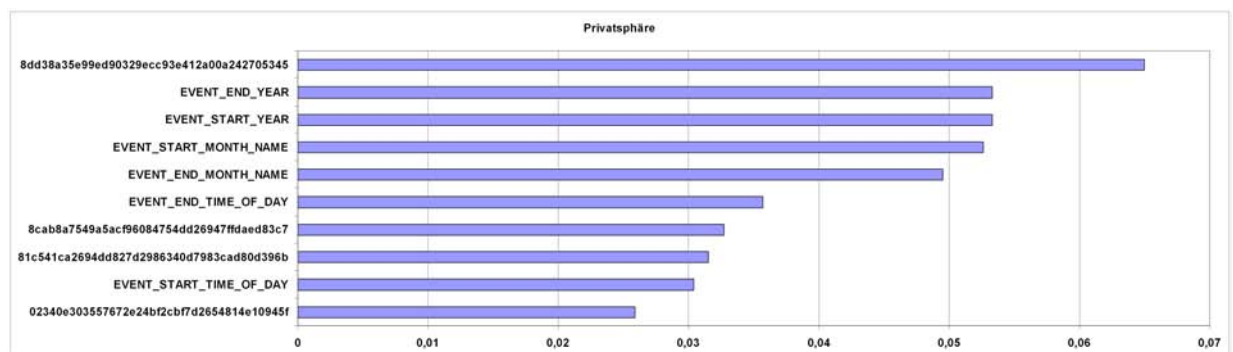
Beim Betrachten der Klasse *Privatsphäre* mit den Ausprägungen *Arbeitsgruppe*, *Abteilung* und *Keiner (Privat)* zeigt sich eine wesentlich höhere Klassifikationsgenauigkeit. So erreicht der Regellerner JRip eine Korrekturklassifikationsrate von 65,63%, der ZeroR lediglich 37,13%. Beim Betrachten der Merkmale fällt auf, dass hier die Hashwerte der anonymisierten Text-Attribute eine hohe Gewichtung erhalten. Hier ist vorstellbar, dass z.B. das Wort *Meeting* im Titel des Kalendereintrags ausschlaggebend für die Klassifizierung sein könnte. Treffen die Nutzer beispielsweise die Entscheidung, Termine über Arbeitstreffen öffentlich zugänglich zu machen, so kann alleinig die Existenz des Wortes *Meeting* ausschlaggebend für die Klassifikation sein. Da die Text-Merkmale für diese Erhebung anonymisiert wurden, wurde eine solche Analyse nicht weiter verfolgt. Auch in den Klassen *Ort* und *Verfügbarkeit* erzielt der Regellerner JRip die besten Klassifikationsergebnisse. Bei der Klassifikation des Orts werden 61,94% der Einträge korrekt klassifiziert, beim Ermitteln der Verfügbarkeit 74,57%. Beim Betrachten der relevanten Merkmale in der Klasse *Verfügbarkeit* dominiert das Merkmal der Dauer eines Eintrags. Dies lässt sich dadurch erklären, dass einstündige Kalendereinträge überwiegend im Zusammenhang mit einem Meeting der Klasse *Ereignistyp* stehen. Da an einem Meeting die Personen meist nicht an ihrem Arbeitsplatz präsent sind, ergibt sich somit der Zusammenhang zwischen dem Merkmal Dauer und der Ortsklassifikation. Weiter repräsentieren kürzere Kalendereinträge Erinnerungen mit Anwesenheit am Arbeitsplatz oder bei größeren Werten für die Dauer auch Ganztagesereignisse, die meist mit der Ausprägung *Extern* oder *Zu Hause* in Verbindung stehen. Das im Vergleich eher schlechte Abschneiden des Naive-Bayes-Ansatzes ist damit zu erklären, dass Naive Bayes alle Merkmale unabhängig voneinander betrachtet. Ist die Bedeutung eines Merkmals abhängig von dem Wert eines anderen, so kann dies durch Naive-Bayes nicht berücksichtigt werden. Abschließend sollte beispielhaft untersucht werden, inwieweit die Anzahl der verwendeten Merkmale eine Relevanz für die Klassifizierung darstellt. Mit steigender Dimension der Merkmalsvektoren benötigt das System mehr Ressourcen zur Modellerstellung, was sich neben dem Speicherplatz auch auf die Erstellungszeit auswirkt. Beispielsweise erweitert jedes neue, bis dahin noch nicht verwendete Wort in den Kalendereinträgen, die Dimension der Vektoren sowie die Anzahl der Parameter im Modell. Somit sind Wort-Merkmale ein wesentlicher Faktor für das Anwachsen der Modellgröße. Anhand der Klasse *Ereignistyp* wurde daher die Klassifikationsgenauigkeit unter der Randbedingung untersucht, dass nicht alle, sondern nur die zehn relevantesten Merkmale zur Modellerstellung herangezogen werden. Als weitere Reduzierung der Modellkomplexität wurden in einem zweiten Schritt nur die Zeitattribute verwendet, um zu untersuchen, inwieweit die Wortmerkmale zur Verbesserung der Klassifikation beitragen. Tabelle 6.7 auf Seite 93 zeigt die Klassifikationsgenauigkeit (Accuracy, ebenso die Durchschnittswerte von Precision, Recall, F-measure) für die Klasse *Ereignistyp* bei der Verwendung aller 6.333 Merkmale, die Reduzierung auf die 100 relevantesten Merkmale sowie die Reduzierung auf reine Zeitmerkmale. Es ist zu sehen, dass sich die Klassifikationsgüte durchschnittlich um 2–3 Prozentpunkte verringert, wenn nur die 100 wichtigsten Merkmale verwendet werden. Wird die Klassifikation nur auf den Zeitmerkmalen durchgeführt, zeigt sich eine weitere durchschnittliche Verringerung der Güte um einen Prozentpunkt. Einzig beim Verfahren der Support-Vektor-Maschinen wird das Ergebnis um etwa 5% verringert.

6.4 Zusammenfassung und Erkenntnisse für den Virtuellen Assistenten

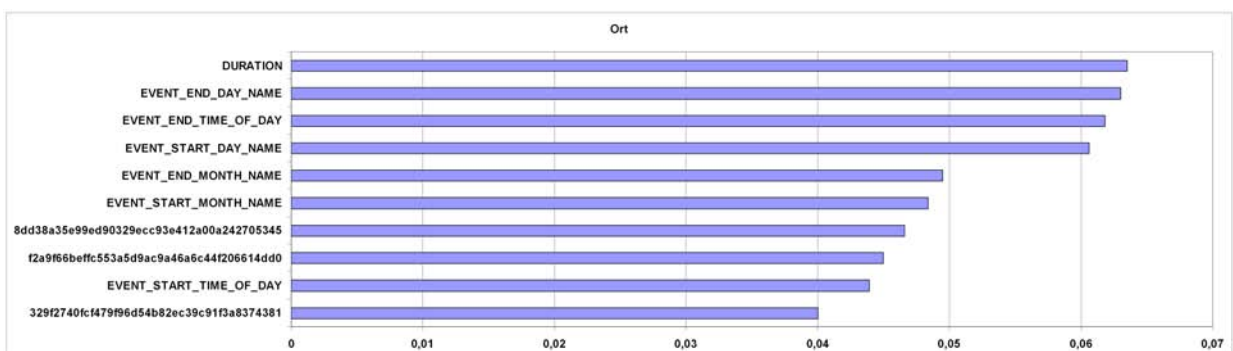
Die Fragebogenerhebung in Kapitel 4 zeigte eine hohe Akzeptanz der Nutzer, Informationen aus dem eigenen Kalender zur Bestimmung des Unterbrechbarkeitsniveaus zur Verfügung zu stellen. Auf Basis



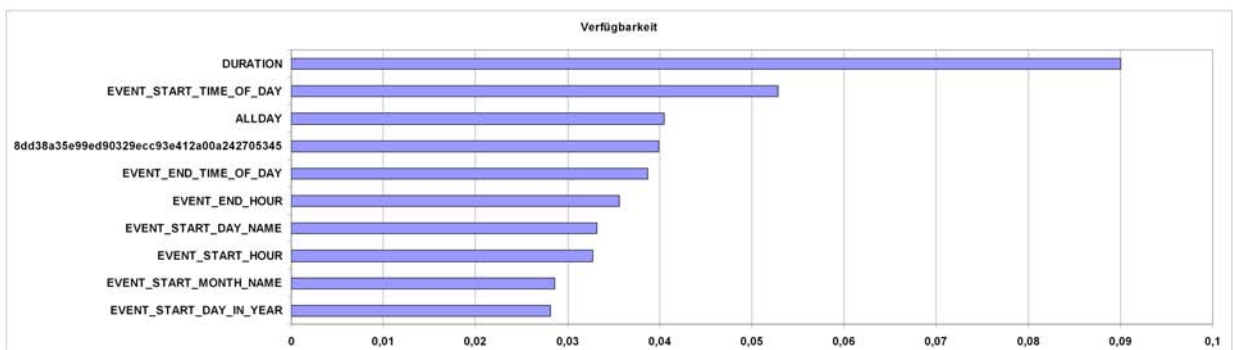
(a) Information Gain für Ereignistyp



(b) Information Gain für Privatsphäre



(c) Information Gain für Ort



(d) Information Gain für Verfügbarkeit

Abbildung 6.11: Die 10 wichtigsten Attribute bzgl. der Klassen *Ort*, *Privatsphäre*, *Ereignistyp* und *Verfügbarkeit* mittels Information Gain, die Buchstaben-Zahlen-Kombinationen stellen die anonymisierten Wortmerkmale da

	Alle Attribute				Attribute entsprechend dem IG*				Nur Zeitattribute			
	Accuracy	Precision	Recall	F-measure	Accuracy	Precision	Recall	F-measure	Accuracy	Precision	Recall	F-measure
ZeroR	62,05%	38,5%	62%	47,5%	62,05%	38,5%	62%	47,5%	62,05%	38,5%	62%	47,5%
JRip	69,26%	65,8%	69,3%	64,3%	67,82%	61,6%	67,8%	61,9%	67,24%	60,6%	67,2%	60,7%
J48	72,44%	70,9%	72,4%	70,6%	69,55%	66,7%	69,6%	65,7%	68,25%	60,9%	68,3%	63,3%
Naive Bayes	67,39%	65,2%	67,4%	64,8%	66,095	58,6%	66,1%	59,7%	65,08%	58,9%	65,1%	59,6%
SMO	73,45%	72%	73,4%	72,4%	72,73%	65,8%	72,7%	67,5%	68,11%	60,7%	68,1%	63,7%
* Information Gain												

Tabelle 6.7: Accuracy, Precision, Recall und F-measure für verschiedene Attributmengen bzgl. der Klasse *Ereignistyp* bei einer 10-fachen Kreuzvalidierung; Precision, Recall und F-measure sind Durchschnittswerte über die Klassenausprägungen

dieser Erkenntnis wurde die in diesem Kapitel beschriebene Architektur und Umsetzung eines generischen Kalendersensors beschrieben. Für die spätere Felduntersuchung des Virtuellen Assistenten wurden die drei am Fachgebiet *Multimedia Kommunikation* meist verwendeten Kalenderanswendungen *Microsoft Outlook*, *Sunbird* und der webbasierte Kalender der Firma *Google* umgesetzt.

Im Anschluss wurden an einer Stichprobe von 15 Wissensarbeitern Kalenderdaten erhoben und die Funktionalität der Sensorkomponente gezeigt. Mit Hilfe der erstellten Analysesoftware wurde durch die Probanden ein Testdatensatz manuell klassifiziert. Hierbei wurden die dargestellten Kalendereinträge auf Basis vorgegebener Ausprägungen in den Klassen *Ereignistyp*, *Privatsphäre*, *Ort* und *Verfügbarkeit* eingeordnet. Die Auswertung der Daten zeigt, dass (a) Kalendereinträge zum größten Teil dazu verwendet werden, Meetings zu organisieren (60%), gefolgt von sonstigen Erinnerungen (21,7%). Des Weiteren kann (b) das explizite Erinnerungsfeld nicht als verlässlicher Indikator dafür verwendet werden, einen Eintrag als Erinnerung zu klassifizieren. Die Auswertung der Klasse (c) *Ort* zeigt, dass sich während der Zeitdauer eines Eintrags die Person in 92,4% der Fälle nicht an ihrem Arbeitsplatz befindet. Aus diesen Informationen lassen sich für den Virtuellen Assistenten bereits einfache, rein statistische Regeln ableiten. Ist zur gegebenen Zeit ein Kalendereintrag vorhanden, kann beispielsweise die automatische Anrufweiterleitung auf das Mobiltelefon geschaltet werden, um eine bessere Erreichbarkeit zu gewährleisten.

Zur Extraktion höherwertiger Kontextinformationen wurden gängige Klassifikationsalgorithmen aus dem Maschinellen Lernen auf ihre Klassifikationsgüte hinsichtlich der vier erhobenen Klassen getestet. Es zeigt sich, dass bereits eine akzeptable Klassifikationsgenauigkeit mit einem einfachen regelbasierten Algorithmus erzielt wird. Zur Erstellung des Trainingsdatensatzes wurden die Daten der einzelnen Probanden zu einem kombinierten Modell (*Composite Model*) vereint. Tabelle A.1 auf Seite 153 zeigt beispielhaft die Gegenüberstellung der Klassifikationsgenauigkeiten für die Klasse *Verfügbarkeit* auf Personenebene. Die hohe Varianz innerhalb der Ergebnisse lässt den Schluss zu, dass die Verwendung des Kalenders nach individuellen Mustern geschieht. Hieraus lässt sich für den Virtuellen Assistenten ableiten, dass für die automatisierte Klassifikation personenbezogene Modelle verwendet werden sollten. Dies kann jedoch nur umgesetzt werden, wenn die Nutzer den Mehraufwand der zusätzlich benötigten manuellen Klassifikation bereit sind aufzuwenden.

Die bereitgestellten Informationen aus dem Arbeitskalender bieten unter anderem die Möglichkeit, Aussagen über die Wahrscheinlichkeit der Verfügbarkeit eines Nutzers zu geben. Ähnlich wie die generelle Regel zur Anrufweiterleitung, kann der Virtuelle Assistent bei der autonomen Beantwortung von Kommunikationsanfragen Auskunft über die zukünftige Verfügbarkeit geben. Wurde die Präsenz des Nutzers an seinem Arbeitsplatz für den gegebenen Tag bereits bestätigt, ist damit zu rechnen, dass er nach Beendigung eines Termins wieder an seinem Arbeitsplatz verfügbar sein wird. Befindet sich der Wissensarbeiter an seinem Arbeitsplatz, kann der Kalendersensor jedoch nur wenig beitragende Informationen zur Inferenz des Unterbrechbarkeitsniveaus geben. Hier werden Echtzeit-Informationen aus dem direkten Arbeitsumfeld des Wissensarbeiters benötigt. Der Kalendersensor kann jedoch als zusätzliche Nutzerschnittstelle dazu verwendet werden, die Filterfunktionen des Virtuellen Assistenten manuell zu steuern. So kann ein expliziter Zusatzeintrag im Betreff des Kalendereintrags, wie beispielsweise „Abschlussbericht verfassen <DoNotDisturb>“ eine Anweisung sein, während dieser Zeit asynchrone Nachrichten und nicht dringliche Kommunikationsanfragen abzuweisen. Auf eine solche Steuerkomponente des Kalendersensors sowie auf die Umsetzung von weiteren echtzeitfähigen Sensoren zur Bestimmung des Unterbrechbarkeitsniveaus wird im folgenden Kapitel eingegangen.

7 Umsetzung des Virtuellen Assistenten *Odysseus*

In diesem Kapitel wird auf die Architektur des in dieser Arbeit weiterentwickelten Virtuellen Assistenten eingegangen. Hierbei wird auf die zugrundeliegende, am Fachgebiet KOM entwickelte Kommunikationsmiddleware *ContextFramework.KOM* und auf die für diese Arbeit notwendigen umgesetzten Erweiterungen eingegangen. Der Fokus liegt hierbei auf den funktionalen Erweiterungen des Lern-Adaptionskreislaufs durch eine generische Merkmalsvorverarbeitung zur Einbindung von Expertenwissen sowie auf den implementierten Sensorkomponenten zur weiteren Merkmalsgewinnung. Überdies erfolgt eine Beschreibung der umgesetzten Nutzerschnittstellen zur Steuerung des Virtuellen Assistenten. Abschließend werden die Problematiken einer Langzeituntersuchung des Unterbrechbarkeitskonzeptes hinsichtlich der Nutzerakzeptanz diskutiert und die daraus abgeleiteten Strategien und technischen Maßnahmen vorgestellt.

7.1 ContextFramework.KOM - Systemaufbau und Kommunikation

Um ein besseres Verständnis des Systemaufbaus zu erhalten, wird im Folgenden näher auf die einzelnen Bestandteile von [SKRH09a] eingegangen. Dabei wird auf Design- und Implementierungsdetails verzichtet, um eine bessere Übersicht zu bieten. Ausführliche Detailinformationen sind in [SKHS07, SKR⁺08, SHRS08, SKRH09b, Sch09] zu finden. Das ContextFramework setzt sich aus einer Reihe von Diensten zusammen, die nach dem Prinzip einer Serviceorientierte Architektur (SOA) umgesetzt wurden. Wie in Abbildung 7.1 zu sehen ist, sind die einzelnen Dienste über ein Netzwerk miteinander verbunden. Dabei ist es unerheblich, ob die Dienste auf ein und demselben Rechner oder verteilt ausgeführt werden.

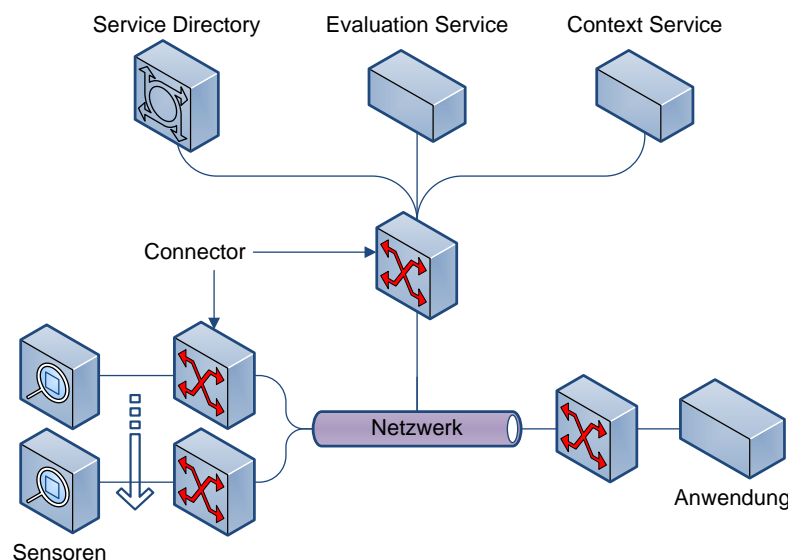


Abbildung 7.1: Komponenten der Kommunikationsplattform

Connector

Die Kommunikation erfolgt über *Connectoren*. Diese Connectoren abstrahieren von dem unterliegenden System und ermöglichen so einen transparenten Zugriff auf andere Dienste. Je nach unterliegendem System oder Netzwerk können andere Connectoren zum Einsatz kommen. Durch diesen Ansatz entsteht

eine Middleware, durch die Dienste (unabhängig von dem zugrundeliegenden System) verbunden werden. Hierdurch wird es ermöglicht, über unterschiedliche Plattformen hinweg zu kommunizieren, so dass beispielsweise neben Standard-PC-Systemen auch eingebettete Systeme integriert werden können.

Sensoren

Dienste der Klasse *Sensoren* stellen auf Basis der Connector-basierten Kommunikation Messwerte aus unterschiedlichen Sensoren, beispielsweise Audio- oder Videosensoren, zur Verfügung. Sensoren besitzen eine zusätzliche Komponente zur Selbstbeschreibung. Hierzu werden Technologien aus dem Bereich der semantischen Beschreibung von Webservices herangezogen. Durch diese Beschreibung von Sensoren ist es möglich, auch während der Laufzeit neue Sensoren hinzuzufügen. Die Beschreibung erlaubt es, die Bedeutung der Sensorwerte und Zugehörigkeit des Sensors zu Objekten wie Personen oder Räumen festzulegen. Die Bedeutung von Sensorwerten und die Relation eines Sensors zu Objekten wird im Rahmen der Suche im Service Directory genutzt.

Service Directory

Dieser Dienst dient als zentrale Komponente zur Verwaltung der an das Service Directory angebundenen Sensorentitäten. Neben der Verwaltung der Sensoren stellt das Service Directory Suchfunktionen und Schnittstellen zur Durchführung von Suchen über Sensoren zur Verfügung. Mit Hilfe der Suche werden relevante Sensoren auf Basis ihrer semantischen Beschreibung und Zugehörigkeit zu einem Objekt identifiziert und ausgelesen. Zudem verfügt das Service Directory über Mechanismen zur Zwischenspeicherung von Sensordaten (Caching), um die Anzahl von Anfragen auf die Sensoren zu reduzieren und nur bei Bedarf anzufragen, sowie Mechanismen zur aktiven Datenvorhaltung, um die Sensordaten innerhalb von Zeit- und Qualitätsanforderungen bereit zu stellen.

Context Service

Der Context Service stellt die Kernkomponente für die Verwaltung von Kontextdimensionen zu einem zugehörigen Objekt zur Verfügung. Dieser Dienst verwaltet beispielsweise für jede Person in dem System und für jede Kontextdimension der Person jeweils den aktuellen Kontext beziehungsweise den Zustand innerhalb der jeweiligen Kontextdimension. Dies bedeutet, dass für jede Person und Kontextdimension regelmäßig eine entsprechende Suche nach neuen Sensordaten durchgeführt wird. Die Suchergebnisse werden in ein gemeinsames Zeitfenster zusammengeführt und zur Datenvorverarbeitung weitergereicht. Die Suchergebnisse sowie die Ergebnisse der Datenvorverarbeitung werden in einer Datenbank vorgehalten, um einerseits auch nachträglich Feedback geben zu können (siehe Offline-Feedback) und um andererseits alle Daten auch mit anderen Einstellungen zur Datenvorverarbeitung durchlaufen lassen zu können. Der Context Service nutzt den Evaluation Service (siehe nächste Komponente), um die gesammelten Sensordaten auszuwerten und die Werte im Rahmen einer Evaluation für die Bestimmung einer Kontextklasse zu nutzen.

Dieses Vorgehen ermöglicht ein ständiges Monitoring des Benutzerzustandes. Hierdurch können Anfragen zum Benutzerzustand direkt beantwortet und Änderungen am Benutzerzustand direkt verwendet werden, um andere Dienste oder Anwendungen abhängig vom aktuellen Zustand zu steuern. Informationen wie die letzten Suchergebnisse, die vorverarbeiteten Sensordaten und die letzte evaluierte Kontextklasse werden anderen Anwendungen über den Connector zur Verfügung gestellt. So können Anwendungen diese Information darstellen oder anderweitig verwenden. Ebenso können sich Anwendungen auf bestimmte Zustände beziehen. Treten diese Zustände auf, so werden die Anwendungen darüber informiert (siehe Anwendungen, Aktoren).

Evaluation Service

Der Evaluation Service erstellt statistische Modelle zur Vorhersage der aktuellen Kontextklasse. Er wird vom Context Service genutzt, um die gesammelten Sensordaten auszuwerten. Zur Auswertung wird das Modell des Benutzers und der Kontextdimension, welche bestimmt werden soll, herangezogen. Die

Modelle werden anhand des Feedbacks des Benutzers und der in diesem Zusammenhang gesammelten Sensordaten aufgebaut (siehe auch Abschnitt 7.2). Der Evaluation Service bietet darüber hinaus weitere Funktionen zur Verwaltung der Modelle und der Daten zum Aufbau dieser Modelle.

Anwendungen, Aktoren und Benutzerschnittstellen

Neben den zuvor beschriebenen Kern-Komponenten können in dem ContextFramework eine ganze Reihe weiterer Dienste zum Einsatz kommen. Dienste des Typs *Anwendung* oder des Typs *Aktor* greifen auf den Context Service zurück, um den aktuellen Zustand zu nutzen. So lässt sich mittels verbundener Hardware aktiv Einfluss auf die Umgebung nehmen. Es ist beispielsweise möglich, abhängig vom erkannten Zustand des Raumes die Licht- oder Jalousiensteuerung über das ContextFramework zu kontrollieren. Eine besondere Art von Aktoren sind die des Typs *FeedbackInterface*. Diese greifen einerseits wie normale Anwendungen auf den aktuellen Kontextzustand zurück, um diesen zur Steuerung oder zur Anzeige zu verwenden. Andererseits nutzen sie eine weitere Schnittstelle am Evaluation Service, um wiederum Feedback zu geben. Diese Feedback-Schnittstelle kann genutzt werden, um den aktuell gewünschten Zustand anzugeben bzw. den zuvor evaluierten Zustand zu korrigieren. Um schon an dieser Stelle einen ersten Eindruck der grundlegenden Schritte, die zur Bestimmung des Kontextzustandes nötig sind, zu geben, wird der Vorgang in Abbildung 7.2 dargestellt. Durch Sensoren werden zum Beispiel die Eingaben

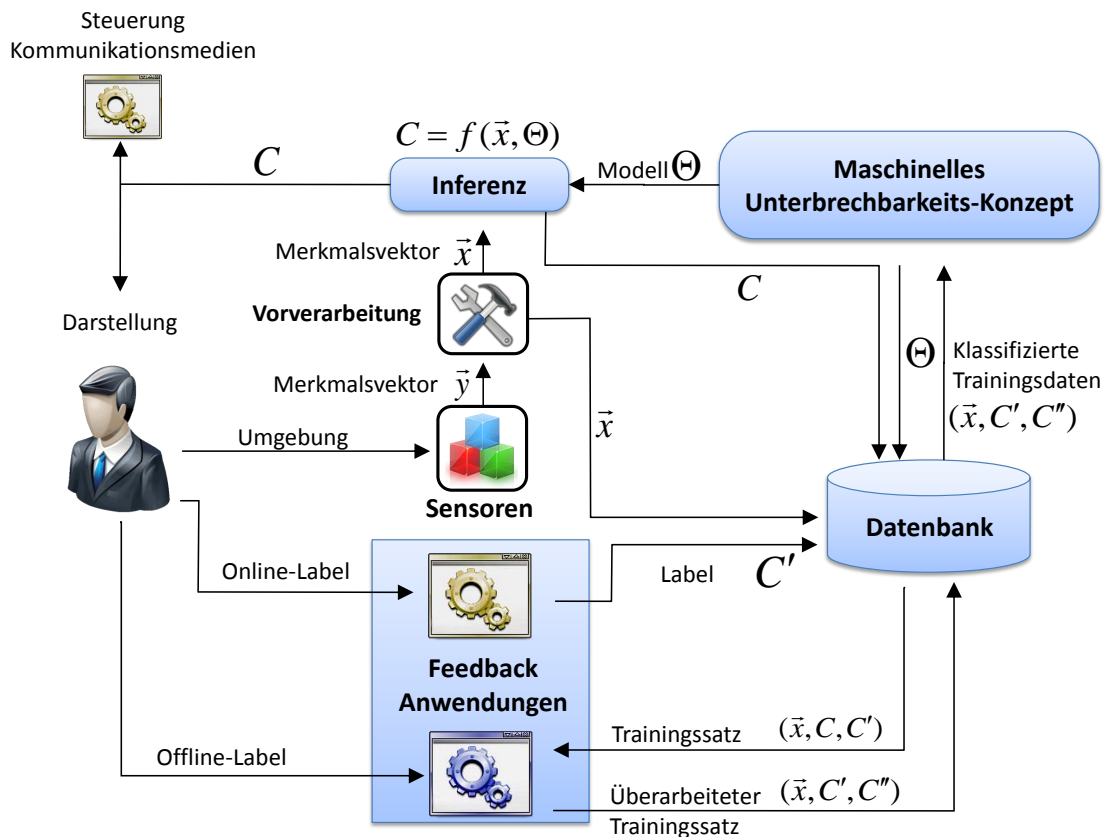


Abbildung 7.2: Schritte zur Bestimmung des Kontextzustandes

des Nutzers, die laufenden Programme oder andere Informationen erfasst. Für jeden Abtastzeitpunkt werden diese Messwerte als zusammenhängendes Datenset in einer Datenbank gespeichert. Zusätzlich zu den gemessenen Daten kann der Benutzer Feedback für jeden der gespeicherten Datenpunkte geben. Dies kann entweder bei der Messung direkt (online) oder zu einem späteren Zeitpunkt (offline) durch eine Feedback-Anwendung erfolgen. Die Messwerte werden als Merkmalsvektoren und das Benutzer-Feedback wird als Label herangezogen. Somit ergeben diese Daten zusammen die Trainingsdaten, die bei der Modellierung zur Erstellung eines Vorhersagemodells genutzt werden. Nun können

aktuelle Messwerte in Kombination mit dem erstellten Modell verwendet werden, um bei der Evaluation eine Aussage treffen zu können. Diese Aussage kann dann dazu genutzt werden, um beispielsweise eingehende Informationen oder Anrufe in Abhängigkeit vom Benutzerkontext zu verarbeiten.

7.2 Lern-Adaptationskreislauf zur Erstellung des Unterbrechbarkeitsmodells

Wie zuvor beschrieben, muss es möglich sein, das Modell zur Auswertung der Sensordaten an den Benutzer selbst anzupassen, da nur so ein benutzerspezifisches Verhalten des Systems und somit eine entsprechend bessere Qualität bei den Entscheidungen erzielt werden kann. Hierzu ist der Benutzer selbst Teil eines Kreislaufs, bei dem das Modell sukzessive an das Verhalten bzw. an die Wünsche des Benutzers angepasst wird. Dieser Kreislauf ist Teil des Systems und dient auch während der Produktivphase zur Anpassung des Modells an neue Verhaltensweisen oder an neue Sensoren, welche nachträglich in das System integriert wurden. Der Kreislauf wurde in Abbildung 7.2 skizziert und kann in zwei Phasen unterteilt werden: die Phase (a) der Auswertung und (b) der Anpassung. In jedem Zyklus, in dem kein Feedback vorliegt, erfolgt ausschließlich eine *Auswertung*. Hat der Nutzer jedoch Online-Feedback gegeben (siehe auch Abschnitt 7.4.2), so erfolgt eine Anpassung des Modells, bei der eine weitere Instanz zu der Menge der Trainingsinstanzen hinzugefügt wird. Ebenso kann der Benutzer Offline-Feedback (siehe Abschnitt 7.4.1) geben. Dieses Offline-Feedback beinhaltet meist Feedback über eine Vielzahl von Zeitabschnitten. Indem die Sensordaten zu dem entsprechenden Zeitraum aus der Datenbank gelesen werden, ermöglicht das Offline-Feedback somit die Integration einer Reihe von neuen Trainingsinstanzen. In beiden Fällen (online/offline) werden dieselben Mechanismen zur *Adaption* des Modells genutzt.

7.2.1 Auswertung

In der Auswertungs-Phase werden die Sensordaten in eine zeitliche Anordnung gebracht. Alle Sensordaten, die innerhalb eines bestimmten Zeitfensters gesammelt wurden oder die in diesem Zeitraum Gültigkeit haben, werden ausgewählt. Aus den Sensordaten wird ein Merkmalsvektor gebildet, welcher aus einzelnen Key-Value-Paaren besteht. Der Key bezeichnet jeweils den Sensor in einer Form, dass er für den Benutzer eindeutig ist, jedoch auch benutzerübergreifend angewendet werden kann. Der Wert im Value-Feld kann entweder einen String oder einen numerischen Wert in Form eines Double- oder Integerwertes annehmen, um im Rahmen der Inferenz durch Lernverfahren der *Weka*-Bibliothek angewendet werden zu können. Numerische Werte können (je nach verwendetem Inferenzverfahren) in kontinuierlicher Form zur Auswertung herangezogen werden (wie beispielsweise in Naive Bayes im Rahmen von Auftretenswahrscheinlichkeiten bei Verteilungsfunktionen mittels Gauß-Glocken); Strings werden hingegen als diskrete Werte verarbeitet. Durch die *Vorverarbeitung* können die Merkmalsvektoren weitgreifend abgeändert oder erweitert werden. Im Rahmen der Inferenz werden die Merkmalsvektoren anschließend über ein Modell ausgewertet. Das Ergebnis der Auswertung ist die anhand des Modells bestimmte, wahrscheinlichste Kontextklasse in Bezug auf die Daten im Merkmalsvektor beziehungsweise in Bezug auf die Sensordaten.

7.2.2 Vorverarbeitung

Im Rahmen der Vorverarbeitung werden die gesammelten Sensordaten weiterverarbeitet. Das Context-Framework unterscheidet zwischen Ereignissen und Sensordaten. Ereignisse sind zustandslos (wie beispielsweise Mausbewegungen oder die Nutzung der Tastatur), d.h., ein einzelnes Ereignis wird nicht durch andere darauf folgende Ereignisse überschrieben. Sensordaten sind zustandsbehaftet (z.B. aktuelles Fenster im Vordergrund), d.h., ein Sensor kann zu einem Zeitpunkt nur einen Wert annehmen. Zu der Auswertung anhand eines Inferenzverfahrens können nur zustandsbehaftete Werte genutzt werden. Daher müssen im Rahmen der Vorverarbeitung die Ereignisse verarbeitet und durch zustandsbehaftete Werte abgebildet werden (z.B. Anzahl der Mausbewegungen).

Desweiteren können aus einzelnen Ereignissen oder Sensordaten auch eine Reihe von Mehrwertinformationen gewonnen werden, die im Rahmen des Inferenzverfahrens mehr Aussagen haben als der Sensorwert alleine (z.B. Zeitraum seit der letzten Mausbewegung).

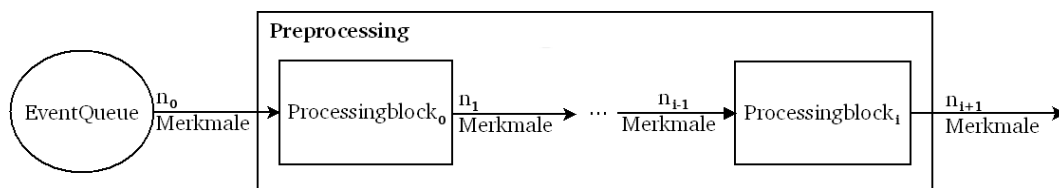


Abbildung 7.3: Aufbau der Vorverarbeitung von Sensordaten

Hierzu stellt das System eine Schnittstelle zur Integration von Vorverarbeitungsmechanismen zur Verfügung. Über diese Schnittstelle können einzelne Mechanismen hinzugefügt und entsprechend angeordnet werden. Wie in Abbildung 7.3 dargestellt, wird jeweils ein Vorverarbeitungsschritt (Preprocessingblock) nach dem anderen durchgeführt, wobei jeder Schritt die Ergebnisse des vorherigen als Eingabe erhält. Somit ist auch die Reihenfolge der Durchführung relevant. Die einzelnen Mechanismen, die speziellen Einstellungen der Mechanismen und deren Reihenfolge können über die Konfiguration des ContextFrameworks eingestellt werden. Zur Durchführung der Tests in Abschnitt 8 wurden im Rahmen dieser Arbeit unter anderem folgende Vorverarbeitungsmechanismen implementiert und verwendet:

- *EventCounter*: Zählt das Auftreten von Ereignissen (*).
- *EventReduction*: Reduziert die Anzahl von Ereignissen und Sensorwerten durch den Vergleich und die Zusammenfassung von zuvor aufgetretenen Ereignissen.
- *EventValueAverage*: Berechnung des Durchschnitts eines numerischen Wertes (z.B. Berechnung der durchschnittlichen Lautstärke aus einzelnen Messwerten).
- *FeatureTypeFilter*: Auswählen einzelner Werte.
- *SetMinMax*: Bestimmung des Minimum- und Maximum-Wertes.
- *SumAmount*: Menge der auftretenden Werte (*).
- *SumChanges*: Anzahl der Wechsel zwischen den Werten (*).
- *SumTimeChange*: Größe der Zeiträume, in denen die Werte auftreten (*).
- *TimeSinceLastChange*: Zeitraum seit dem letzten Wechsel des Wertes.

Alle mit (*) gekennzeichneten Werte wurden mit einer Datenerfassung über verschiedene Zeitfenster hinweg ausgestattet. Dies erlaubt die Berechnung dieser Werte über verschiedene, zuvor festgelegte Zeiträume hinweg. So kann beispielsweise eine Aussage über die Menge der Mausbewegungen in den letzten 20 Sekunden, der letzten Minute sowie über die letzten 5, 15 und 30 Minuten getroffen werden.

Am Ende der Vorverarbeitung sollten alle relevanten Merkmale extrahiert und alle zustandslosen Ereignisse durch zustandsbehaftete Werte abgebildet worden sein.

7.2.3 Adaption

Die Adaption erweitert das Modell um neue Trainingsbeispiele und erstellt auf Basis des neuen Trainingsdatensatzes ein neues Modell, welches anschließend in der Auswertungs-Phase herangezogen wird. Zur Erweiterung des Modells werden ebenfalls die Daten aus der Vorverarbeitung genutzt. Allerdings wird aus dem Merkmalsvektor erst dann eine Trainingsinstanz, wenn zudem noch ein Label vorliegt, welches den Merkmalsvektor einer Kontextklasse zuordnet. Die einzelnen Trainingsinstanzen werden zu einem gemeinsamen Trainingsdatensatz kombiniert. In diesem Schritt wird eine zweidimensionale Tabelle aufgebaut, bei der in der einen Dimension die Instanzen in der Reihenfolge ihrer Erstellung auftreten und in der anderen Dimension die Bezeichner der Merkmale (vergleichbar mit dem Sensorbezeichner) aufgeführt werden. In der Tabelle selbst sind die Sensorwerte enthalten. Dies bedeutet jedoch für die

Integration einer neuen Trainingsinstanz, dass alle Bezeichner für Merkmale aus der Tabelle, welche nicht in der Trainingsinstanz auftreten, durch Platzhalter für unbekannte Werte ergänzt werden müssen. Ebenso muss die Tabelle um weitere Spalten für die neuen Bezeichner derjenigen Merkmale ergänzt werden, welche in der neuen Trainingsinstanz, nicht aber in der Tabelle auftreten. Die Felder in den neuen Spalten werden ebenso mit Platzhaltern für unbekannte Werte ergänzt. Diese Platzhalter werden in den Inferenzverfahren weitestgehend als gegenstandslos betrachtet.

Beim Offline-Feedback kann der Fall eintreten, dass der Benutzer für einen Zeitraum Feedback gibt, in welchem er zuvor bereits Feedback gegeben hat. Die Instanzen in dem Trainingsdatensatz sind hierzu mit einem Zeitstempel versehen. Tritt dieser Fall auf, so werden alle Instanzen in dem entsprechenden Zeitraum aus dem Trainingsdatensatz entfernt und durch die neuen Instanzen überschrieben.

7.3 Sensorik

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das ContextFramework um eine Reihe von Sensoren erweitert. Diese Sensoren wurden vor allem mit dem Ziel entwickelt, Informationen über den Arbeitsplatz eines Benutzers zu beziehen. Diese Informationen ermöglichen es, den Zustand des Benutzers an seinem Arbeitsplatz und den Zustand des Arbeitsplatzes selbst zu beschreiben.

7.3.1 Audio-Sensor

Ziel bei der Umsetzung des Audiosensors war es, Sprechaktivität im Raum des Empfängers zu erkennen. Da der Audiosensor innerhalb des ContextFrameworks als Hintergrundanwendung im Empfänger-PC betrieben werden sollte, war es Voraussetzung für den laufenden Prozess, (möglichst ressourcenschonend) die Signale des angeschlossenen Mikrofons zu klassifizieren. Ein hoher Bedarf an Rechenleistung und somit die Beeinflussung des Arbeitsverhaltens des Nutzers hätte die Akzeptanz verringern können, diesen Sensor lokal einzusetzen. Für die Implementierung des Audiosensors wurde auf das in Java umgesetzte und frei zugängliche Framework SPHINX-4¹ zurückgegriffen. Das Framework bietet die Möglichkeit, auf verschiedene Audioquellen wie z.B. ein eingebautes PC- oder ein per USB angeschlossenes Mikrofon zuzugreifen und Basiseigenschaften wie Abtastrate, Quantisierungstiefe oder die Frequenzbandbreite festzulegen. Zur Erkennung von Sprechaktivität wurde auf zwei von Lu et al. vorgeschlagene Merkmale der *High Zero Crossing Rate Ratio* (HZCRR) und der *Low Short Time Energy Ratio* zurückgegriffen [LZJ02]. Diese Merkmale wurden favorisiert, da sie im Zeitbereich berechnet werden können und keine rechenintensive Transformation in dem Frequenzbereich benötigen.

Das Merkmal HZCRR basiert auf dem in Gleichung 7.1 dargestellten Merkmal *Zero Crossing Rate* (ZCR), welche im Wesentlichen die Nulldurchgänge des Zeitsignals widerspiegelt. Innerhalb eines aus N Abtastwerten bestehenden Rahmens wird berechnet, wie häufig das Zeitsignal den Nulldurchgang durchkreuzt. Die Grundidee hinter dem Merkmal besteht darin, dass Stimmsignale im Gegensatz zu Hintergrundrauschen wesentlich tiefere, dominierende Frequenzanteile besitzen, die aufgrund einer gewissen Periodizität wesentlich weniger den Nulldurchgang kreuzen als ein hochfrequentes Rauschsignal. Das Merkmal 7.1 wird berechnet, indem jeder Abtastwert mit seinem zeitlichen Nachfolger verglichen und über die Signumfunktion 7.2 ein Nulldurchgang detektiert wird.

$$ZCR = \frac{1}{2N} \left(\sum_{n=1}^{N-1} |sgn(x(n)) - sgn(x(n-1))| \right) \quad (7.1)$$

¹ <http://cmusphinx.sourceforge.net/sphinx4/>

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (7.2)$$

Für die Berechnung des HZCRR-Merkmals (Gleichung 7.3) wird ausgehend vom ZCR-Merkmal ermittelt, wie viele ZCR-Werte innerhalb eines Fensters bestehend aus M Rahmen um einen 1.5-fachen Wert höher als der Durchschnittswert (avgZCR) des ZCR liegen. Die Berechnung des Durchschnittswerts avgZCR wird ebenfalls über das Fenster der M -Rahmen durchgeführt. Lu et al. zeigen in ihren Arbeiten, dass das HZCRR-Merkmal wesentlich diskriminanzere Eigenschaften hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Sprache und Hintergrundrauschen aufweist, als das ZCR-Merkmal allein.

$$\text{HZCRR} = \frac{1}{2M} \left(\sum_{m=0}^{M-1} (\text{sgn}(\text{ZCR}(m) - 1.5\text{avgZCR}) + 1) \right) \quad (7.3)$$

Nach der Implementierung der Erfassung des HZCRR-Merkmals zeigte sich in ersten Tests, dass das Merkmal zwar eine hinreichende Genauigkeit zur Differenzierung zwischen Sprache und Hintergrundgeräuschen ermöglichte, die Falschklassifikationsrate bei Tastaturgeräuschen jedoch nicht zufriedenstellend war. Dies zeigte sich in besonderem Maße, wenn das eingebaute Mikrofon eines Laptops in unmittelbarer Nähe der Tastatur verwendet wurde. In einem zweiten Schritt wurde daher das *Low Short Time Energy Ratio* (LSTER)-Merkmal (Gleichung 7.5) umgesetzt. Ähnlich dem HZCRR-Merkmal wird in einem ersten Schritt die Kurzzeit-Signalenergie (*Short Term Energy*, STE) innerhalb eines Rahmens berechnet (Gleichung 7.4). Das LSTER-Merkmal berechnet eine Variationsrate der Signalenergie, indem über das Fenster aufaddiert wird, wie häufig die Signalenergie eines Rahmens den 0.5-fachen Wert der durchschnittlichen Rahmenenergie überschreitet. Als Parametermodell für die Wahrscheinlichkeitsdichten beider Merkmale wurde eine Gaußfunktion eingesetzt.

$$\text{STE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{N-1} x(n)^2}{N}} \quad (7.4)$$

$$\text{LSTER} = \frac{1}{2M} \sum_{m=0}^{M-1} [\text{sgn}(0.5\text{avgSTE} - \text{STE}(m)) + 1] \quad (7.5)$$

Zum Erlernen der acht benötigten Parameter der Klassen *Sprache/Keine Sprache* wurde über den PC-Task-Sensor eine Möglichkeit geschaffen, per Tastenkombination Feedback über die jeweilige Klasse zu geben. Zur Klassifikation der zwei Merkmale wurde der Naive-Bayes-Ansatz verwendet, da dieser bereits im SPHINX-Framework implementiert war. Die Klassifikation der Merkmale wurde einmal pro Sekunde durchgeführt, wodurch die Fenstergröße von einer Sekunde festgelegt war. Innerhalb eines Fensters wurden 100 Rahmen verwendet, so dass bei einer Abtastrate von 8Khz 80 Samples pro Rahmen verarbeitet wurden.

7.3.2 Video-Sensor

Neben der Analyse akustischer Merkmale spielen auch visuelle Merkmale eine wesentliche Rolle, wenn es darum geht, Informationen über den Zustand eines Benutzers am Arbeitsplatz zu sammeln. Dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn der Nutzer gerade nicht direkt am Rechner arbeitet. Befindet sich der Benutzer am Arbeitsplatz, ohne dass er seinen PC benutzt und ohne dass er akustische Merkmale erzeugt, so kann seine Anwesenheit beispielsweise durch Bildverarbeitung festgestellt werden. Neben einer einfachen Helligkeitsbestimmung oder einer Bewegungserkennung bzw. Erkennung von Unterschieden zwischen zwei aufeinander folgenden Bildern kann eine Bildverarbeitung durch neue Technologien weit mehr an aussagekräftigen Merkmalen generieren. Diese neuartigen Systeme erlauben die Identifikation von Objekten auf Bildern. So kann neben der Anwesenheit eines Benutzers vor einem PC auch die Anzahl von Personen vor einer Webcam oder auch die Anzahl von Personen in einem Raum über eine Überwachungskamera festgestellt werden. Durch die Verfolgung von Bewegung können auch Muster in der Bewegung ausgewertet werden, um beispielsweise Abweichungen von normalen Bewegungsmustern zu bestimmen oder zwischen verschiedenen Bewegungsmustern zu differenzieren. Es ist sogar möglich, aus einem Bild das Geschlecht oder gar die Emotionen des Benutzers auszulesen.²

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Video-Sensor auf der Basis von OpenCV³ entwickelt und implementiert. Zudem wurde eine Bewegungserkennung und eine Helligkeitsbestimmung hinzugefügt. Mittels OpenCV ist es nun möglich, zu erkennen, ob der Benutzer sich gerade am Arbeitsplatz befindet. Ebenso kann die Anzahl der Personen am Arbeitsplatz bestimmt werden. Befinden sich gerade mehrere Personen am Arbeitsplatz des Benutzers, so deutet dies stark auf eine Besprechung bzw. eine aktuell stattfindende direkte Kommunikation zwischen diesen Personen hin. Neben den Bildern der Webcam vom PC des Benutzers können dabei auch die Bilder von einem *Tubicle* (Externe Sensorplattform, siehe 7.3.5) bezogen werden, um so Aussagen über den Raum zu erhalten oder um auch ohne eine Webcam am Rechner des Benutzers Aussagen treffen zu können. Abbildung 7.4 zeigt das Ausgabefenster des Videosensors. Die

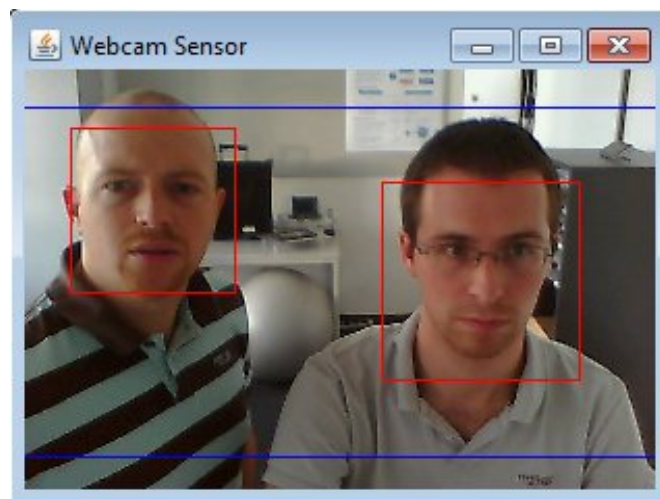


Abbildung 7.4: Videosensor: visuelle Erfassung der Personenanzahl vor dem PC

erkannten Gesichter werden dort durch eine rote Umrahmung hervorgehoben. In diesem Beispiel ist zu erkennen, dass sich zwei Personen am Arbeitsplatz befinden.

² Am Fraunhofer IIS existiert ein entsprechendes, frei verfügbares Demonstrationssystem namens SHORE (vgl. <http://www.iis.fraunhofer.de/EN/bf/bv/kognitiv/biom/dd.jsp>)

³ <http://opencv.willowgarage.com>

7.3.3 Bürostuhlsensor

Eine weitere Möglichkeit, den Zustand des Benutzers am Arbeitsplatz zu bestimmen, die sich gerade zur Auswertung in Fällen eignet, in denen der Benutzer gerade nicht am PC arbeitet, sich aber an seinem Platz befindet, stellt der Bürostuhlsensor dar. Mit diesem Sensor kann festgestellt werden, ob der Benutzer gerade auf seinem Stuhl sitzt und in welcher Körperposition er sich befindet. Hierzu wurde ein Stuhl mit einer druckempfindlichen Sensormatte ausgestattet. Wie in Abbildung 7.5 als blaue Punkte zu erkennen, hat die Sensormatte eine Vielzahl von Messpunkten, welche zweidimensional angeordnet sind. Nimmt man alle Messwerte zusammen, so ergibt sich ein Abbild der Gewichtsverteilung der Person, die auf dem Stuhl sitzt. Vergleichbar zu der Anwendung von Inferenzverfahren, welche in Abschnitt 7.2 beschrieben wird, können diese Daten über ein Modell ausgewertet werden. Auf diesem Wege kann bestimmt werden, in welcher Körperhaltung sich die Person gerade befindet.



Abbildung 7.5: Bürostuhlsensor – Kommunikation über TelosB-Sensorknoten

Die Körperhaltung kann differieren zwischen einer entspannten Sitzposition und der aufrechten Körperposition, welche eingenommen wird, wenn man am PC arbeitet. Entsprechend können Veränderungen der Werte beziehungsweise der Sitzpositionen Aufschluss über den aktuellen Arbeitskontext des Benutzers geben.

Wie in Abbildung 7.5 zu sehen, wurde die Sensormatte in das Polster des Stuhls integriert. Zur Übertragung der Daten an das ContextFramework wurde ein TelosB⁴-Sensorknoten angebunden und mit der Sensormatte verbunden. Die gemessenen Daten werden über den TelosB-Knoten an eine Basisstation übertragen, wie sie beispielsweise in einem *Tubicle* (siehe Abschnitt 7.3.5) integriert wurde.

7.3.4 PC-Task-Sensor

Der PC-Task-Sensor dient der Erfassung von Informationen über die aktuelle Tätigkeit eines Benutzers an seinem PC und stellt somit ein zentrales Element bei der Bestimmung des Arbeitskontextes des Benutzers dar, sofern dieser zur Arbeit seinen PC nutzt. Der Aufbau des PC-Task-Sensors ist in Abbildung 7.6 dargestellt und wird in den folgenden Abschnitten erläutert.

Merkmale aus dem Betriebssystem

Der PC-Task Sensor nutzt eine eigene DLL⁵, welche er in das Betriebssystem lädt. Wie der Name *Systemhook.dll* vermuten lässt, hängt sich diese DLL in die verschiedenen Prozesse des Betriebssystems ein und

⁴ http://www.willow.co.uk/TelosB_Datasheet.pdf

⁵ engl. *Dynamic Link Library*

greift dort Informationen über Ereignisse und Zustände des Systems ab. Dafür registriert sich die DLL über die Windows API⁶ beim Betriebssystem, um bei Ereignissen aufgerufen zu werden. Die Syshook.dll ruft zur Übertragung der Informationen eine entsprechende JNI⁷-Schnittstelle am PC-Task-Sensor auf. Damit ist die aktuelle Version zwar auf Windows beschränkt, kann aber durch die Verwendung von Java und JNI durch Austausch der DLL auf andere Betriebssysteme angepasst werden.

⁶ *Application Programming Interface*

⁷ *Java Native Interface*

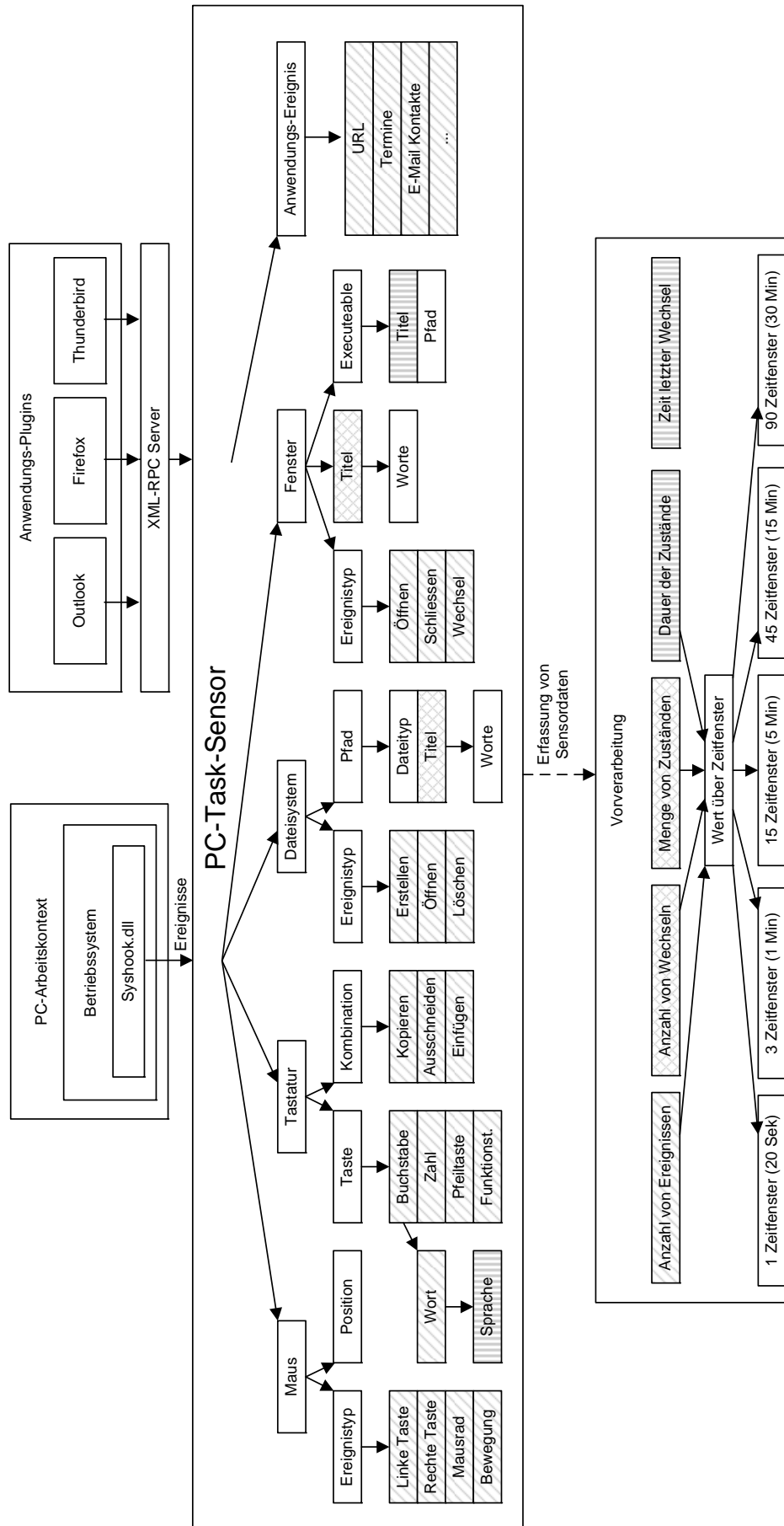


Abbildung 7.6: Erfasste Merkmale des PC-Task-Sensors

Umgesetzte Merkmale

Der PC-Task-Sensor verarbeitet die eingehenden Informationen und erstellt daraus eine Reihe von Sensorwerten, welche er über seine Schnittstelle an das ContextFramework anbindet:

- *Maus*: Informationen über die Maus-Ereignisse.
 - *Ereignistyp*: Es wird zwischen verschiedenen Typen von Ereignissen unterschieden, wie Bewegung, Betätigung der linken oder rechten Maustaste oder der Nutzung des Mausekkrades zum Scrollen.
 - *Position*: Zu jedem Ereignis kann festgestellt werden, wo dieses stattgefunden hat. Hieraus können beispielsweise auch das unterliegende Fenster oder bestimmte Bewegungsabläufe analysiert werden.
- *Tastatur*: Ereignisse, welche an der Tastatur abgegriffen werden.
 - *Taste*: Aus der gedrückten Taste werden eine Reihe weiterer Merkmale abgeleitet, welche von Interesse sind: Die Kategorie der Taste (z.B. ein normaler Buchstabe, eine Pfeiltaste, Funktionstasten, ...), die Worte, welche sich aus dem Zusammenfügen der Buchstaben ergeben, der Wortstamm des Wortes sowie die Sprache der erfassten Worte (z.B. deutsche oder englische Texte).
 - *Kombination*: Aus der Tastenkombination, die gedrückt wurde, werden die Funktionen abgeleitet, welche dadurch ausgelöst werden, wie beispielsweise Kopieren, Ausschneiden oder Einfügen.
- *Dateisystem*: Ereignisse vom Dateisystem geben Aufschluss über Aktionen, welche an Dateien vorgenommen wurden.
 - *Ereignistyp*: Beim Dateisystem kann zwischen verschiedenen Typen von Ereignissen unterschieden werden, unter anderem Erstellen, Öffnen und Löschen von Dateien.
 - *Pfad*: Der Pfad bzw. der vollständige Dateiname, auf den sich das Ereignis bezieht, gibt Aufschluss über den Typ der Datei und die einzelnen Worte des Dateinamens. Diese Elemente können bei der Einschätzung, mit welcher Aufgabe der Benutzer gerade beschäftigt ist, ebenfalls relevant sein.
- *Fenster*: Vom Betriebssystem können weitere Informationen über die geöffneten Fenster bezogen werden. Der PC-Task-Sensor bezieht sich nur auf das Fenster, welches sich gerade im Fokus des Anwenders bzw. im Vordergrund befindet.
- *Screenshot Desktop*: Ist der Nutzer am PC aktiv, werden kontinuierlich Screenshots vom Desktop aufgenommen, um dem Nutzer die Möglichkeit zu geben, später, bei einer wiederholten Darstellung seiner Arbeitsschritte, per Offline-Feedback sein Unterbrechbarkeitskonzept zu korrigieren.
 - *Ereignistyp*: Vergleichbar zum Dateisystem können bei den Fenstern ähnliche Ereignistypen auftreten, wie das Öffnen, Schließen oder Wechseln von Fenstern.
 - *Titel*: Der Titel eines Fensters enthält häufig Informationen über die geöffnete Datei oder die geöffnete URL sowie über das Programm, das ausgeführt wird. Eine gezielte Auswertung dieser Inhalte (je nach ausgeführtem Programm) kann diese Elemente aus der Titelleiste extrahieren.
 - *Executable*: Zu jedem Fenster gehört ein Executable, also ein Programm, das ausgeführt wird. Dieses Programm wird ermittelt und der zugehörige Dateiname und Pfad werden ausgewertet.

Die Sensordaten werden über die Schnittstelle des PC-Task-Sensors vom ContextFramework erfasst und weiterverarbeitet. Im Rahmen der Vorverarbeitung werden eine Reihe von Vorverarbeitungsschritten gezielt auf einzelne Sensordaten des PC-Task-Sensors angewendet, um weitere Merkmale zu extrahieren. In Abbildung 7.6 sind die Sensortypen mit der gleichen Schraffur unterlegt wie die Vorverarbeitungsschritte, welche die Werte verarbeiten. Die Vorverarbeitungsschritte sowie die Verarbeitung von Zeitfenstern werden in Abschnitt 7.2.2 erläutert.

Anwendungs-Plugins

Abbildung 7.6 zeigt parallel zu den extrahierten Merkmalen aus dem Betriebssystem die Anbindung von anwendungsspezifischen Plugins zur Extraktion weiterer Merkmale. Zu diesem Zweck stellt der PC-Task-Sensor einen zusätzlichen XML-RPC-Server-Dienst zur Verfügung, um Event-Nachrichten aus anderen Anwendungen über das Loopback-Device zu empfangen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden somit die frei verfügbaren Anwendungs-Plugins *Dragontalk*⁸ für den Webbrowser *Firefox* sowie für die E-Mail-Anwendung *Thunderbird* in das System eingebunden. Des Weiteren wurde mit Hilfe der *Visual Studio Tools for Office (VSTO)* ein Anwendungs-Plugin für *Microsoft Outlook* entwickelt, um Informationen über die Nutzeraktivität im Kalender und E-Mail-Dienst von *Outlook* zu erhalten.

7.3.5 Tubicles – Externe Sensorplattform

Der Tubicle ist ein vom ContextFramework genutztes System, welches im Rahmen dieser Arbeit initiiert wurde. Es vereint verschiedene eingebettete Systeme zu einer gemeinsamen Sensorplattform. Es enthält einen TelosB-Sensorknoten⁹ und einen JavaSunspot¹⁰. Beide Sensorenknoten sind mit Helligkeits- und Temperatursensoren ausgestattet. Der TelosB enthält zudem einen Feuchtigkeitssensor, wohingegen der Sunspot über einen Lagesensor verfügt. Beide kommunizieren über das Zigbee-Protokoll miteinander oder mit anderen Sensorknoten und sind über USB an einen Gumstix¹¹ angebunden. Während auf dem TelosB ANSI-C-Code als Programmiersprache Verwendung findet und auf dem Sunspot JavaME-Code ausgeführt werden kann, läuft auf dem Gumstix ein Embedded Linux. Daher konnten weitere Komponenten an den Gumstix angeschlossen werden, wie eine Webcam (mit Mikrofon für den Audio-Sensor) sowie eine Bluetooth- und eine Wifi-Schnittstelle, welche genutzt werden können, um andere Geräte mit entsprechenden Schnittstellen zu lokalisieren. Von diesen Tubicles wurden am Fachgebiet *Multi-media Kommunikation* 20 Exemplare hergestellt und werden dort in den Räumen verteilt betrieben. Diese Systeme können somit als Umgebung für diverse Tests auf den verschiedenen Plattformen genutzt werden.

7.4 Nutzerschnittstellen

Wie in Abschnitt 2.1.2 erläutert wurde, wird Feedback benötigt, um die Merkmalsvektoren den Kontextklassen zuzuordnen und diese dann als Trainingsinstanz zum Aufbau von Modellen zu verwenden. Dies ist notwendig, um das Entscheidungsmodell zur Kontextbestimmung an den Benutzer anzupassen und das Benutzerverhalten zu adaptieren. Im Rahmen dieser Arbeit wurden eine Reihe von Schnittstellen entwickelt und umgesetzt, welche es dem Benutzer möglich machen, Feedback zu geben.

Erst durch das Feedback des Benutzers und durch die dadurch mögliche Anpassung des Systems an die Wünsche, das Verhalten und die Sensoren des Benutzers wird es überhaupt möglich, entsprechend gute Ergebnisse zu erzielen. Das Geben von Feedback ist die einzige Möglichkeit des Benutzers, Einfluss auf das Verhalten des Systems zu nehmen. Daher muss es dem Benutzer möglichst einfach gemacht werden, Feedback zu geben. Eine einfache Handhabung der Feedback-Schnittstelle, welche den Benutzer möglichst wenig aus seinem Arbeitskontext herausreißt, war die Vorgabe bei Design und Entwicklung dieser Schnittstelle.

Abbildung 7.7 zeigt ein Testsystem, auf welchem das ContextFramework betrieben wurde. Zu sehen sind ebenfalls eine Reihe von Feedback-Schnittstellen, die in das System integriert wurden.

Es gibt zwei grundsätzliche Herangehensweisen, um Feedback zu geben:

- *Offline-Feedback*: Bestimmung von Zuständen innerhalb von vergangenen Situationen.
- *Online-Feedback*: Bestimmung von Zuständen aus der Situation heraus.

⁸ <http://dragontalk.opendfki.de/>

⁹ http://www.willow.co.uk/html/telosb_mote_platform.html

¹⁰ <http://www.sunspotworld.com/>

¹¹ <http://www.gumstix.com/>

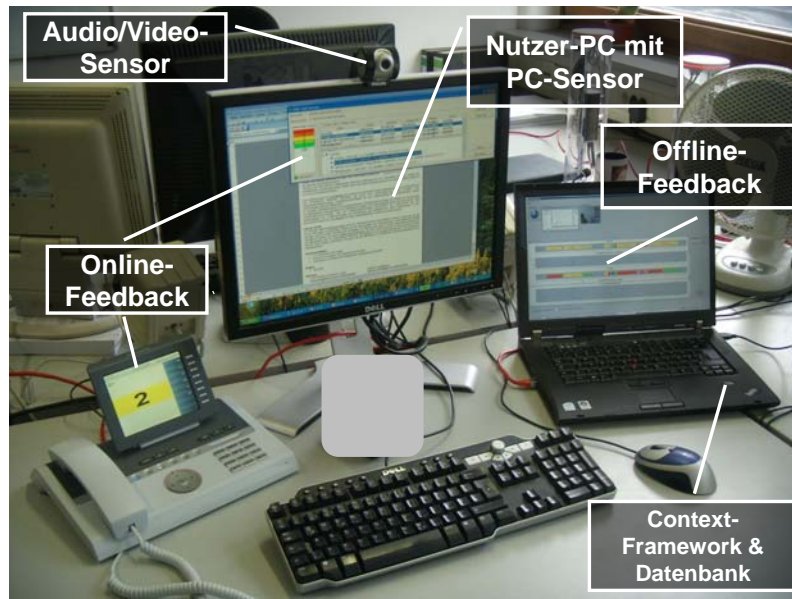


Abbildung 7.7: Aufbau des Testsystems mit verschiedenen Feedback-Schnittstellen

7.4.1 Offline-Feedback

Offline-Feedback wird auf der Basis vergangener Situationen generiert. Das bedeutet, dass die Merkmalsvektoren, die innerhalb der vergangenen Situationen gesammelt wurden, entsprechend vorgehalten werden müssen. Dies geschieht innerhalb des Context Services durch eine Speicherung der Daten in einer Datenbank. Die Daten werden entsprechend mit Zeitstempeln versehen und können über eine Schnittstelle vom Benutzer angefragt werden. Auf der Seite des Benutzers wurde hierzu ein Offline-Feedback-Interface entwickelt. Dieses Programm ermöglicht die Abfrage der Merkmalsvektoren zu bestimmten Zeiträumen. Um adäquat Feedback geben zu können, muss sich der Benutzer ein Bild von der zurückliegenden Situation machen können. Hierzu werden die Merkmalsvektoren entsprechend aufbereitet und dargestellt. Der Benutzer erhält die Daten innerhalb des Zeitraumes anhand ihres Verlaufs über die Zeit dargestellt (siehe Abbildung 7.8). Die Daten diskreter Werte können anhand von verschiedenfarbigen Balken und die numerischen Werte anhand von Graphen dargestellt werden. Bilder werden nur für einzelne Zeitpunkte dargestellt, welche der Benutzer auf der Zeitachse auswählen kann.

Der Benutzer erhält so einen guten Überblick über den Verlauf der einzelnen Merkmale und kann selbst entscheiden, wie sein Zustand in dem entsprechendem Zeitraum gewesen ist. Diese Entscheidung kann er dann nutzen, um den Zustand für bestimmte Zeiträume abzuändern und als Offline-Feedback an die Schnittstelle im Context Service zu übermitteln.

7.4.2 Online-Feedback

Online-Feedback geschieht aus der Situation heraus. Der Benutzer kann entscheiden, wie er seine aktuelle Situation klassifizieren würde und dies dem ContextFramework mitteilen. Die dazugehörigen Sensordaten kann das System dann direkt aus den Sensoren des Benutzers beziehen.

In Abbildung 7.7 sind eine Reihe von Benutzerschnittstellen zur Generierung von Online-Feedback dargestellt. Hierzu zählen die folgenden Elemente:

- *System-Tray*: Eine Applikation auf dem PC des Benutzers ermöglicht die Anzeige der aktuellen Kontextklasse als Icon im System-Tray. Diese Applikation öffnet ein Fenster, sobald das Icon angeklickt wird. Über dieses Fenster kann der Benutzer direkt aus der Menge der Kontextklassen die aktuell gewünschte auswählen.

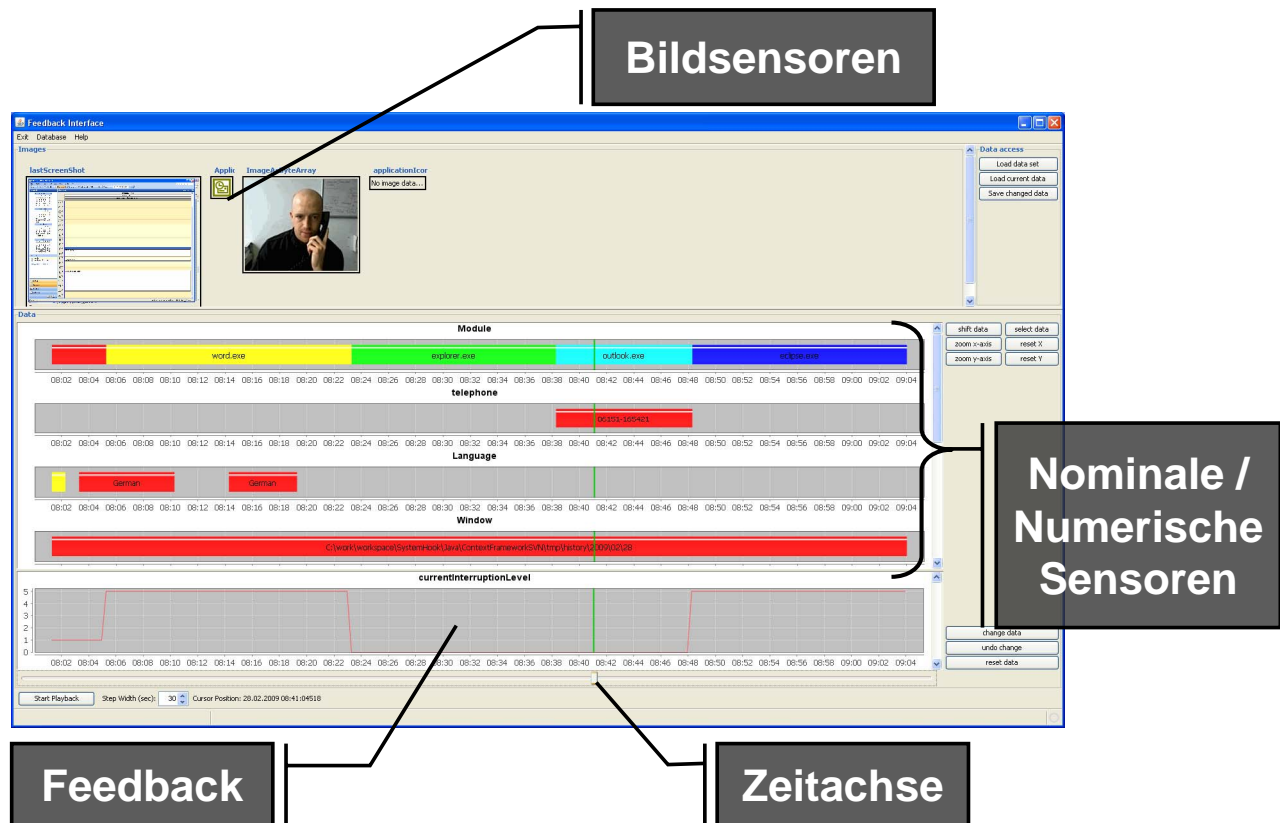


Abbildung 7.8: Nutzerschnittstelle zur manuellen Erstellung von Trainingsdaten

- *Telefon-Applikation:* Das *Siemens Openstage VoIP-Telefon*¹² erlaubt die Integration von Applikationen auf Basis von XML. Eine neu entwickelte Applikation für dieses Telefon erweitert das Menü des Telefons um weitere Elemente zur Abfrage und zum Setzen der aktuellen Kontextklasse. Ein weiterer neu entwickelter Dienst im ContextFramework erlaubt das Setzen von Hintergrundbildern über die Fernwartung des Telefons. Diese Funktion wird dazu genutzt, um je nach Kontextklasse ein entsprechendes Bild auf dem Telefon anzuzeigen. Dies zeigt sowohl dem Benutzer selbst als auch anderen Personen in der Umgebung den aktuellen Zustand des Benutzers. Durch eine für andere Personen offensichtliche Darstellung des Zustandes können schon Störungen in Form von direkten Anfragen an den Benutzer vermieden werden. Eine weitere Form, um über das Telefon Feedback zu geben, besteht im Anrufen von speziellen Service-Nummern. Im ContextFramework wurden entsprechende Dienste in Form von Kommunikationsdiensten in der softwarebasierten Telefonanlage *Asterisk*¹³ entwickelt, welche mit Hilfe von Text-to-Speech und Interaktion über das Nummernfeld des Telefons das Abfragen und Setzen von Kontextzuständen erlauben.

7.5 Langzeituntersuchung des Unterbrechbarkeitskonzepts

Bei der Untersuchung des Unterbrechbarkeitskonzeptes nach der Ereignis-Stichproben-Methode wird der Empfänger dazu aufgefordert, zu unterschiedlichen Zeitpunkten anzugeben, wie unterbrechbar er sich einschätzt. Zusammen mit den gleichzeitig erfassten Sensorwerten wird somit ein Trainingsdatensatz für die spätere Modellerstellung aufgebaut. Hierdurch ergeben sich während der Erhebung umfangreiche

¹² http://www.siemens-enterprise.com/de/Products_Services/Phones-and-Clients/Office-Phones/Open-Stage-Family.aspx

¹³ <http://www.asterisk.org>

Aufwandskosten für die Stichprobenteilnehmer. Eine regelmäßige Befragung, z.B. per Pop-up-Fenster, unterbricht den Nutzer in seinem Arbeitsablauf, was (a) einen gewissen Aufwand durch das zu gebende Feedback darstellt und im Fall einer negativen Assoziation mit dieser künstlichen Unterbrechung zu einer Interaktion zwischen Befragung und Eigeneinschätzung führen kann. Überdies hat die Fragebogenuntersuchungen in Kapitel 4 gezeigt, dass in der anvisierten Stichprobe von Mitarbeitern (b) nur eine sehr geringe Akzeptanz für den Einsatz von Sensorik im Arbeitsumfeld vorliegt. Die beiden Hauptkostenfaktoren lassen sich somit durch (a) „Aufwand durch Feedback“ und (b) „Einsatz bzw. Akzeptanz von Sensorik im Arbeitsumfeld“ beschreiben. Untersuchungen zur Technologieakzeptanz aus dem Ubiquitous Computing zeigen, dass Anwender erst dann neuartige Technologien und Anwendungen annehmen bzw. akzeptieren, wenn der antizipierte Nutzen die Kosten durch den Mehraufwand der Einarbeitung und Verwendung sowie den Verlust von Teilen seiner Privatsphäre kompensieren kann [Spi07]. Im Folgenden wird dargestellt, welche Maßnahmen angedacht wurden, um den Stichprobenteilnehmern einen Nutzen bei der Verwendung des Systems zu bieten, mit dem die erwarteten Kosten kompensiert werden.

7.5.1 Strategien zur Steigerung der Nutzerakzeptanz

Der erzielte Nutzen des Unterbrechungsmanagement-Systems ist im Wesentlichen davon abhängig, wie viele mögliche Unterbrechungsquellen kontrolliert werden können. Definiert der Nutzer beispielsweise seinen Zustand mit „Bitte nicht stören“ und wird trotzdem durch ein weiteres, nicht kontrolliertes Medium unterbrochen, reduziert dies die Akzeptanz, weiterhin seinen Unterbrechbarkeitszustand manuell anzugeben. Weiter haben die Erkenntnisse aus der experimentellen Untersuchung in Kapitel 5 gezeigt, dass die Steuerung des Management-Systems mit nur einem minimalen Aufwand für den Benutzer möglich sein muss, da sich sonst, was das empfundene Stressniveau angeht, ein umgekehrter Effekt aufgrund des Steuerungsaufwands ergeben kann.

Hinsichtlich der Selbsteinschätzung des eigenen Unterbrechbarkeitsniveaus wird aus den Arbeiten von Fogarty ersichtlich, dass das aktuelle Niveau mit einer hinreichenden Güte nur auf einer zweistufigen Skala automatisiert erkannt werden kann [FHA⁺05]. Auf Basis dieser Erkenntnis ist daher angedacht, das Unterbrechbarkeitsniveau lediglich durch zwei Stufen zu repräsentieren, „Verfügbar“ und „Bitte nicht stören“. Das Gesamtsystem wird jedoch noch um den Zustand „Nicht anwesend“ erweitert, da die reine Anwesenheit des Nutzers in seinem Raum bereits durch die umgesetzten Sensoren wie den PC-Task-, Bürostuhl-, Audio- und Videosensor hinreichend gut erfasst werden kann. Dies bedeutet, dass die Differenzierung zwischen den Zuständen „Nicht anwesend“ und den Zuständen „Verfügbar“ bzw. „Bitte nicht stören“ mit einem vorkonfigurierten Regelsatz auf Basis der umgesetzten Sensoren ermöglicht werden kann. Zur Differenzierung der Zustände „Verfügbar“ und „Bitte nicht stören“ wird wie angedacht ein statistisches Modell auf Basis der Sensorinformationen und des Nutzerfeedbacks erstellt.

Um den Aufwand, der durch das kontinuierliche Geben von Feedback erzeugt wird, zu reduzieren, soll der Nutzer überdies die Möglichkeit erhalten, die erwünschten Zustände für einen gewissen Zeitblock als gültig zu definieren. Diese Möglichkeit stellt somit eine abgewandelte Form der Strategie des *Planmäßigen Bearbeitens von Unterbrechungen* nach McFarelane dar, wobei die Planmäßigkeit dynamisch an die Bedürfnisse bzw. erwünschte Zeitdauer des Nutzers angepasst werden kann. Konkret setzt sich der Nutzer ähnlich der *Pomodoro-Zeitmanagement-Technik*¹⁴ das Ziel, sich beispielsweise für 45 Minuten einer gewissen Aufgabe ununterbrochen zuzuwenden. Der Nutzer hat somit analog zum durchgeführten Experiment in Kapitel 5 die Möglichkeit, eine störungsfreie Zeit zu definieren. Setzt der Nutzer für diese Zeitdauer seinen Zustand auf „Bitte nicht stören“, werden alle erfassten Unterbrechungen gefiltert. Der Vorteil, nicht statisch, sondern nur für einen bestimmten Zeitraum einen unterbrechungsfreien Zustand anzunehmen, liegt darin, dass der Nutzer nach Ablauf der Zeit automatisch wieder auf den Zustand „Verfügbar“ gesetzt wird. Dies reduziert die Gefahr, durch Vergessen des Rücksetzens für längere Zeit nicht erreichbar zu sein. Überdies kann bei eingehenden Kommunikationsanfragen der Virtuelle Assistent dem

¹⁴ www.pomodorotechnique.com

Sender die Restzeit bis zur Beendigung des störungsfreien Blockes autonom mitteilen. Somit werden die Kosten des Senders durch das Nicht-Erreichen minimiert, da ihm zumindest ein Zeitpunkt mitgeteilt wird, an dem die Wahrscheinlichkeit hoch ist, den Empfänger wieder erreichen zu können. Die Möglichkeit, Informationen über die Restlaufzeit des unterbrechungsfreien Zeitblocks anzugeben, kann auf unterschiedlichen Medien erfolgen. Die Integration der unterschiedlichen Unterbrechungsmedien und deren technischen Kontrollmöglichkeiten werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Steuerung von störungsfreien Zeitblöcken durch eine digitale Sanduhr

Um dem Nutzer die Möglichkeit zu geben, für eine definierte Zeit sein Unterbrechbarkeitsniveau auf „Bitte nicht stören“ zu setzen, wurde neben den Entwicklungen zum Geben von Online-Feedback aus Abschnitt 7.4.2 ein eigenständiges Hardwareinterface designt und prototypisch aufgebaut. Abbildung 7.9 zeigt den Prototypen der digitalen Sanduhr. Die Ziele dieser Entwicklung waren es, (a) möglichst intuitiv die Zeitdauer für den unterbrechungsfreien Block einzustellen und (b) eine Schnittstelle zu entwickeln, die unabhängig vom PC des Nutzers zur Steuerung des Virtuellen Assistenten verwendet werden kann. Die Basis der digitalen Sanduhr bildet der drahtlose Sensorknoten SunSpot¹⁵ der Firma Sun. Der



Abbildung 7.9: Sanduhr zum Einstellen eines Ruheblocks

SunSpot verfügt über einen 32-Bit-ARM-7 Prozessor sowie über eine 802.15.4-ZigBee-Funkschnittstelle zur drahtlosen Kommunikation. Ein Erweiterungsboard bietet neben weiteren I/O-Schnittstellen einen Temperatur-, Helligkeits- und 3-Achsen-Beschleunigungssensor. Zur drahtgebundenen Kommunikation verfügt der SunSpot über eine 4-Draht-SPI¹⁶-Schnittstelle, über die zur Anzeige der Sanduhranimation, ein energieeffizientes 128×64-Pixel-LCD-Display angeschlossen ist. Die eigens entwickelte Erweiterungsplatine beinhaltet neben einem Vibrationsmotor und einem Mehrfrequenztongeber zur Signalisierung eine Schaltung zur Hardwareentprellung für die sechs Gehäusetaster. Um das Gerät intuitiv zu

¹⁵ www.sunspotworld.com

¹⁶ Serial Peripheral Interface

bedienen, wird die Sanduhr nach der Einstellung der Dauer der unterbrechungsfreien Zeit auf den Kopf gedreht. Der Lagewechsel wird durch die Beschleunigungssensoren erkannt und nachfolgend wird das Aktivierungssignal über die Funkschnittstelle an den Virtuellen Assistenten übermittelt. Um die drahtlose Freiheit für diese Funktionalität zu ermöglichen, verfügt die Sanduhr zur Stromversorgung über einen Lithium-Ionen-Akku. Zum Laden des Akkus verfügt die Sanduhr sowohl über einen Mini-USB-Anschluss auf der Rückseite als auch über eine eingelassene Induktionsspule. Wird die Sanduhr auf die passende Induktions-Ladestation gestellt, kann der Akku der Uhr während des Betriebes drahtlos aufgeladen werden. Neben der Einstellung der Unterbrechbarkeitszustände und deren Dauer verfügt die Sanduhr über weitere Anzeige- und Steuerungsfunktionalitäten. So kann die Sanduhr beispielsweise kurz vor dem Ablaufen des unterbrechungsfreien Zeitblocks auf dem Display über eingegangene Telefonanrufe, E-Mail- oder Instant-Messaging-Nachrichten informieren.

Kontrolle sozialer Unterbrechungen durch digitale Türschilder

Um die Auswirkungen spontaner Unterbrechungen durch Kollegen zu mindern, wurden im Rahmen dieser Arbeit elektronische Türschilder entwickelt, die das aktuelle Unterbrechbarkeitsniveau anzeigen. Hierzu wurde das ContextFramework.KOM um eine Webserver-Funktionalität erweitert, um (wie in Abbildung 7.10a zu sehen) die Unterbrechbarkeitsniveaus der einzelnen Büronutzer an der Tür anzuzeigen. Zum Einsatz kam hier ein industrieller Panel-PC, der mit einem im Kiosk-Modus betriebenen Webbrowser die dynamisch generierte Webseite darstellt.

Dem Besucher (Sender) wird das aktuelle Unterbrechbarkeitsniveau des Empfängers angezeigt. Setzt der Empfänger seinen Zustand auf den Status „Bitte nicht stören“, kann optional die Restlaufzeit des gesetzten störungsfreien Blocks mit angezeigt werden. Ist der Nutzer nicht im Raum und wird sein Zustand durch die Sensoren des Virtuellen Assistenten als „Nicht anwesend“ erkannt, wird gleichzeitig die seit dem Zustandswechsel verstrichene Zeit angezeigt. Diese Informationen können den spontanen Besucher bei der Entscheidung unterstützen, ob er auf die Rückkehr warten oder zu einem späteren Zeitpunkt einen weiteren Versuch zur persönlichen Kontaktaufnahme unternehmen möchte. Um den Nutzen bei der Verwendung des Virtuellen Assistenten zu erhöhen, wurden zusätzlich mehrere Nachrichtenfunktionen umgesetzt. So ist es dem Nutzer des zugehörigen Raums beispielsweise möglich, Nachrichten per E-Mail oder SMS an den Virtuellen Assistenten zu senden, die dann am Türschild angezeigt werden.



(a)



(b)

Abbildung 7.10: Digitales Türschild zur Anzeige des Unterbrechbarkeitsniveaus

Kontrolle von Unterbrechungen durch Telefonanrufe und Instant-Messaging-Nachrichten

Eingehende Telefonanrufe werden während der störungsfreien Zeit auf ein Sprachportal des Virtuellen Assistenten weitergeleitet, und dem Anrufer wird die Restzeit des störungsfreien Arbeitsblocks angesagt.

Für eingehende Instant-Messaging-Nachrichten während der störungsfreien Zeit verfügt der Virtuelle Assistent über eine *Bot-Funktionalität*, die automatisch im Instant Messenger neben dem Unterbrechbarkeitsniveau den Sender gleichzeitig über die Restzeit des Arbeitsblockes informiert.

Kontrolle von Unterbrechungen durch E-Mail-Nachrichten

Greift der Nutzer während der störungsfreien Zeit auf sein E-Mail-Postfach zu, weil er beispielsweise in seinem Arbeitsschritt eine archivierte Information benötigt, können zwischenzeitlich neue E-Mails im Postfach eingegangen sein. Nimmt er diese neuen Nachrichten wahr, kann dies als ein mit seiner Absicht konkurrierender Anreiz angesehen werden, wie in Kapitel 2.2 im Rahmen der Strategien zur Handlungskontrolle diskutiert. Um den Nutzer in seiner Absicht, die Primäraufgabe ohne Unterbrechung durchzuführen, zu unterstützen, wurde ein System entwickelt, das neu eingehende E-Mail-Nachrichten während der unterbrechungsfreien Zeit für den Nutzer nicht kenntlich macht. Dem Nutzer ist es somit möglich, während des Arbeitsblocks zwar einen vollständigen Zugriff auf sein E-Mail-Postfach zu erhalten, neu eingehende E-Mails werden jedoch nicht angezeigt.



8 Evaluation des Unterbrechungsmanagement-Systems

Dieses Kapitel beschreibt die Evaluation des Virtuellen Assistenten. Hierzu wurde ein Testszenario mit realen Benutzern aufgebaut. Die Daten und das Feedback der Benutzer wurden über mehrere Tage gesammelt und zur Evaluation herangezogen. In diesem Kapitel werden das umgesetzte Testszenario, die verwendete Stichprobe und abschließend die Ergebnisse der Evaluation beschrieben.

8.1 Design

Das Ziel der Evaluation war es, neben der Funktionsdemonstration der entwickelten Sensoren und Nutzerschnittstellen, die Güte einer automatisierten Schätzung des Unterbrechbarkeitsniveaus zu untersuchen. Da auf Basis der Erkenntnisse des Faktorenmodells aus Kapitel 3 und der experimentellen Untersuchung aus Kapitel 5 der Zusammenhang zwischen Aufgabenart bzw. deren Komplexität mit den Unterbrechungskosten deutlich wurde, wurde ergänzend die Schätzung der Aufgabenkomplexität mit in die Untersuchung aufgenommen. Hierzu wurden Trainingsdatensätze erstellt, indem auf den Computern der Versuchspersonen der PC-Task-Sensor installiert wurde und kontinuierlich (die in Abschnitt 7.3.4 vorgestellten) Merkmale gesammelt wurden. Zudem wurden die Versuchspersonen durch ein Pop-up-Fenster, gesteuert durch die Tray-Applikation des Online-Feedbacks, zur Bewertung ihres Unterbrechbarkeitsniveaus sowie zur Einschätzung der Komplexität ihrer momentanen Aufgabe aufgefordert. Wie in Abbildung 8.1 dargestellt, wurde das Unterbrechbarkeitsniveau auf einer sechsfach gestuften Skala von 1 („jederzeit offen für Unterbrechungen“) bis 6 („absolut nicht unterbrechbar“) erhoben. Die Aufgabenkomplexität wurde im Bezug auf die bereits im Fragebogen verwendete Stufung in *Routine*, *Regel* und *Kreativaufgaben* operationalisiert. Die Tray-Applikation wurde so modifiziert, dass das Fenster der Applikation alle 30 Minuten beim Benutzer sichtbar wurde und er darum gebeten wurde, Feedback zu seiner aktuellen Situation zu geben. Ein zentraler Server, der das ContextFramework mit dem Context Service, dem Evaluation Service, dem Service Directory und der Datenbank betrieb, wurde zur Datensammlung eingesetzt. Der Server wurde so konfiguriert, dass alle 20 Sekunden die anfallenden Daten aller Benutzer

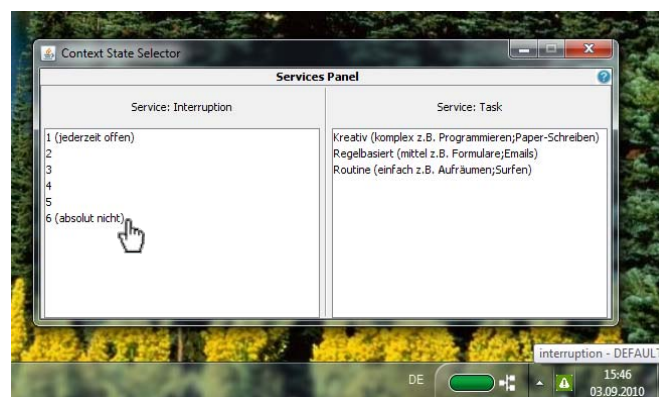


Abbildung 8.1: Tray-Anwendung zur Befragung des Nutzers nach der Methode der Ereignisstichprobe.

gesammelt und in der Datenbank gespeichert wurden. Bei jedem Erhalt eines Nutzersfeedbacks wurde das individuelle Modell des Benutzers neu erstellt. Dieses Vorgehen ermöglichte einen direkten Überblick über den Systemzustand zu erhalten bzw. das Verhalten des Modells zum aktuellen Zeitpunkt zu bewerten. Die Weboberfläche des Servers ermöglichte es, den direkten Einblick auf den Zustand des Systems, wie z.B. die aktuell angemeldete Anzahl von Sensoren der Teilnehmer, die gesammelten Sensordaten sowie eine Übersicht über die vorverarbeiteten Daten für die Modellerstellung.

8.2 Beschreibung der Stichprobe und Apparatur

Die erhobene Stichprobe setzte sich aus 8 Teilnehmern des Fachgebiets *Multimedia Kommunikation* zusammen. Über einen Zeitraum von 14 Tagen wurde 319 Feedbackbewertungen gesammelt. Jeder Teilnehmer wurde darum gebeten, Feedback zu geben, sofern eine eindeutige Bewertung des aktuellen Zustandes in eine der vorgegebenen Kontextklassen möglich war. Der Arbeitskontext des Nutzers wurde durch den PC-Task-Sensor anhand von ca. 125 Merkmalen erfasst. Hierzu wurden die in Abschnitt 7.3.4 beschriebenen Maus-, Tastatur-, Datei-, und Fensterereignisse gesammelt und einer Merkmalsvorverarbeitung unterzogen. Im Schritt der Vorverarbeitung wurde z.B. für das Merkmal *momentane Anwendung* für jede Ausprägung wie z.B. *Microsoft Powerpoint* ein weiteres Merkmal generiert, welches die in der Anwendung verbrachten Gesamtzeit beschreibt. Durchschnittlich verwendete eine Versuchsperson 20 bis 30 verschiedene Anwendungen, wodurch nach Zusammenfassung der gemeinsam verwendeten Anwendung weitere 120 Merkmale generiert wurden. Die entstandenen Merkmalsvektoren wurden sowohl benutzerspezifisch als auch vereint über alle Nutzer betrachtet. Für die Betrachtung der vereinten Merkmalsvektoren war es notwendig, alle Merkmalsvektoren in einem gemeinsamen Datensatz zu überführen, wodurch sich die Dimension der Vektoren auf eine Größe von etwa 700 Einträgen aufsummierte. Zur Analyse des entstandenen Trainingsdatensatzes wurden die Daten in das ARFF¹-Format überführt und mit dem in Kapitel 6.2.2 vorgestellten Data-Mining-Toolkit WEKA ausgewertet.

8.3 Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurden die Güte verschiedener Klassifikationsalgorithmen auf den personenspezifischen Datensätzen ausgewertet.

Bestimmung des Unterbrechbarkeitsniveaus

Abbildung 8.2 zeigt auf der Abszisse die prozentualen Genauigkeitswerte der verschiedenen Algorithmen zur Bestimmung des Unterbrechbarkeitsniveaus je nach Versuchsperson dargestellt. Die Zahl in Klammern hinter einer Person, gibt die Größe der Menge von Feedback an, welche von der Person gegeben wurde und zur Modellerstellung und Auswertung herangezogen wurde. Da die Unterbrechbarkeit auf einer sechstufigen Skala erhoben wurde, ergibt sich für eine rein auf dem Zufall durchgeführte Bestimmung des Zustands eine durchschnittliche Genauigkeit von $1/6$. Diese ist in Abbildung 8.2 jeweils anhand des äußersten linken Balkens jeder Versuchsperson zu erkennen. Als weitere Referenz in den Grafiken wird der ZeroR-Klassifizierer genutzt, der die A-priori-Wahrscheinlichkeit nutzt, welche sich aus der Klassen-Verteilung innerhalb des gegebenen Feedbacks im Trainingsdatensatz ergibt. Obgleich dieser Klassifizierer somit auf Wissen aus dem Trainingsdatensatz basiert, zieht er jedoch keinen Nutzen aus den Zusammenhängen in den Sensordaten, sondern bezieht sich ausschließlich auf die Verteilung der manuellen Klassifikation des Nutzers. Als weitere Standardverfahren aus dem Maschinellen Lernen wurden das auf Entscheidungsbäumen basierenden Verfahren J48, NearestNeighbor Generalized (NNGe), Naive Bayes, Support-Vektor-Maschine (SMO), Naive Bayes Tree (NB Tree) und Nearest Neighbor (IB1) eingesetzt. Eine Erläuterung dieser Verfahren findet sich in Abschnitt 2.1.3.

In Abbildung 8.2 zeigt sich, dass bei Person 1 die Genauigkeit des ZeroR höher ausfällt als bei den verbleibenden Klassifizierern. Dies deutet darauf hin, dass die Sensordaten bei dieser Person keinen Mehrwert bei der automatisierten Bestimmung der Kontextklasse beitrugen. Der zu bewertende Gewinn durch ein Klasifikationsverfahren ist daher immer im Vergleich zur ZeroR- und Zufallsklassifikation zu sehen. Bei den verbleibenden Personen ist zu sehen, dass es prinzipiell möglich ist, einen Mehrwert aus der Nutzung der Sensordaten zu ziehen. Hierbei erzielten die eingesetzten Lernverfahren unterschiedlich gute Genauigkeitswerte. Ebenso wird deutlich, dass zwischen den Personen deutliche Unterschiede in der Klassifikationsgenauigkeit erzielt wurden. So ist ersichtlich, dass einzelne Personen (z.B. Person 6 und

¹ Attribute-Relation File Format

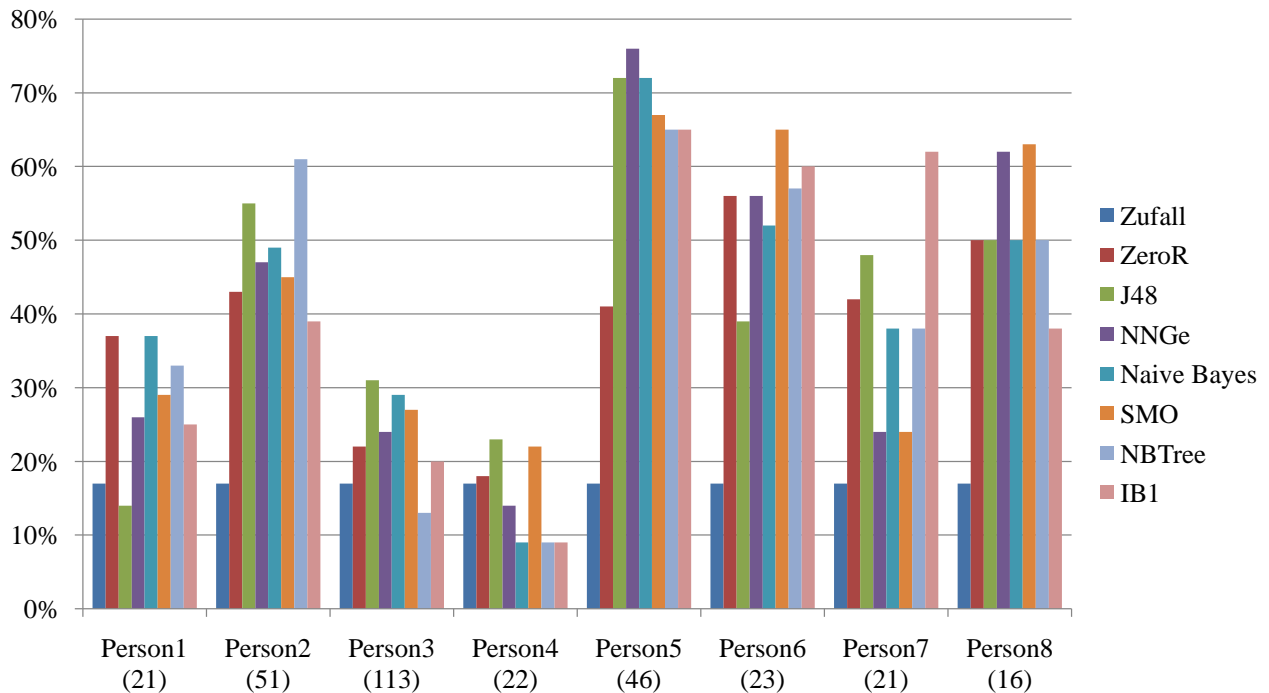


Abbildung 8.2: Klassifikationsgenauigkeit verschiedener Klassifikationsalgorithmen auf den personenspezifischen Datensätzen für das sechsfachgestufte Unterbrechbarkeitsniveau; die Angabe (x) unterhalb jedes individuellen Datensatzes gibt die Anzahl der manuellen Klassifikationen an

8) ihre Unterbrechbarkeit vornehmlich nur in einzelnen Stufen bewertet haben, was anhand der hohen A-priori-Wahrscheinlichkeit durch den ZeroR-Klassifizierer zu erkennen ist.

Bei der Betrachtung der Abstände zwischen den Klassifizierern und dem Referenzklassifizierer ZeroR, ist ersichtlich, dass die Klassifikationsgenauigkeit teilweise deutlich erhöht wird, wie beispielsweise bei Person 5 ersichtlich, mit einer Verbesserung von 34%. Die hohe Variabilität ist somit auf die interindividuellen Unterschiede zwischen den Versuchspersonen und ihren unterschiedlichen Arbeitsabläufen zurückzuführen.

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Datensätze ergibt sich eine hohe Varianz in den erzielten Klassifikationsgenauigkeiten. Eine durchschnittliche Betrachtung gemittelt über alle Personen kann daher wenig Aufschluss über die Genauigkeit der angewandten Verfahren bieten. Tabelle 8.1 zeigt beispielhaft die durchschnittliche Klassifizierungsgenauigkeit gemittelt über alle Personen. Das Ergebnis zeigt, dass der durchschnittliche Klassifikationsgewinn gegenüber dem Referenzklassifizierer auf eine Spannweite von 1% bis 4% abfällt. Hierdurch ist ersichtlich, dass auf Basis der durchschnittlichen Genauigkeiten über alle Personen, keine sinnvollen Aussagen über die Genauigkeiten der Klassifizierer gemacht werden können. Die Unterschiede zwischen den Personen können auf die in Kapitel 3 vorgestellten Einflussgrößen und auf die fehlende Kontrolle verschiedener Merkmale aus dem Faktorenmodell zurückgeführt werden. So verursacht das in Abschnitt 3 beschriebene *Fehlen diskriminanter Merkmale* eine Reduzierung der Klassifikationsgüte. In der durchgeführten Erhebung tritt dies vor allem in Situation auf, in denen Feedback gegeben wurde, obwohl zuvor nur partiell am PC gearbeitet worden war. Betrachtet man das Faktorenmodell auf Seite 37, so wird ersichtlich, dass lediglich die Mediatorvariablen *Aufgabe* und *kognitiver Zustand* durch den PC-Task-Sensor zu Teilen adressiert wurden. Weitere Faktoren wie *Tätigkeitsbeschreibung*, *Unterbrechungshistorie*, *Zeitplan*, *Persönlichkeitseigenschaften* oder *physiologischer Zustand* beeinflussten somit als unkontrollierte Störfaktoren das Ergebnis. Bezugnehmend auf den Faktor *Tätigkeitsbeschreibung* lässt sich argumentieren, dass gegeben der durchzuführenden Aufgaben manche Personen deutlich zwischen Tätigkeiten unterscheiden können, in denen sie Unterbrechungen akzeptie-

Klassifizierer	Durchschnittliche Genauigkeit
ZeroR	39%
J48	42%
NNGe	41%
Naive Bayes	42%
SMO	43%
NBTree	41%
IB1	40%

Tabelle 8.1: Durchschnittliche Klassifikationsgenauigkeit über alle Personen des sechsfach gestuften Unterbrechbarkeitsniveaus

ren und in denen Unterbrechungen nicht erwünscht sind. Beispielsweise kann während des Verfassens von Texten oder Programmier Tätigkeiten klar der Wunsch nach Unterbrechungsfreiheit geäußert werden. Sind solche Muster in den Arbeitsabläufen einer Person gegeben, wirkt sich dies positiv auf die Klassifikationsgüte aus. So ist ersichtlich, dass in Abwesenheit klarer Muster auch eine steigende Anzahl Trainingsdaten nicht zwangsläufig zu einer höheren Klassifikationsgüte führt. Der Vergleich von Person 2 zu Person 3 (Abbildung 8.2) zeigt, dass, obwohl für Person 3 mehr als doppelt so viele Trainingsdaten zur Verfügung stehen, der Klassifikationsgewinn geringer ausfällt als für Person 2.

Weiter lässt sich beim Betrachten der Menschlichen Einflussgröße (*Human Factor*) argumentieren, dass das differenzierte Bewerten der eigenen Unterbrechbarkeit hinsichtlich der Granularität gewissen Grenzen unterliegt und somit eine Einteilung in eine sechsfache Stufung eventuell zu fehleranfällig ist. Um diese Limitierung genauer zu untersuchen, wurde in einem weiteren Schritt die Anzahl von Abstufungen von sechs auf zwei Ausprägungen reduziert. Hierzu wurden alle Trainingsinstanzen zusammengefasst, welche mit den Stufen 1 bis 3 manuell klassifiziert wurden und durch den Zustand *Verfügbar* ersetzt. Ferner wurden alle Instanzen mit den Zuständen 4 bis 6 in dem Zustand *Nicht Verfügbar* vereint. Die auf Basis dieser bipolaren Entscheidung erzielten Klassifikationsgenauigkeiten sind in Abbildung 8.3.1 dargestellt.

Anhand der Ergebnisse ist ersichtlich, dass durch den Reduzierungsschritt die Klassifikationsgenauigkeit zwischen dem Referenzklassifizierer und den verbleibenden Klassifizierern deutlich ansteigt. Betrachtet man die Ergebnisse in Tabelle 8.2, ist zu sehen, dass nun der Unterschied zu ZeroR eine Spannweite von 10% bis 13% beträgt. Dies bedeutet, dass die Nutzung der Sensordaten einen deutlichen Mehrwert bietet und somit, je nach Nutzer und dessen Verhalten, Genauigkeiten von über 90% erzielt werden (Abbildung 8.3.1).

Vorhersage der Aufgabenkomplexität

Abbildung 8.4 zeigt die Analyse der Daten, die im Zusammenhang mit der Bestimmung der aktuellen Aufgabenkomplexität ausgewertet wurden. Auch hier sind die Resultate im Vergleich zu einer zufälligen Auswahl und dem Referenzklassifizierer zu interpretieren. Ist die am häufigsten bewertete Tätigkeitsklasse bekannt, so sind A-priori-Schlussfolgerungen mit einer Genauigkeit von 38% bis 72% möglich. Darüber hinaus kann die Nutzung der Sensordaten eine Verbesserung von bis zu 35% ermöglichen (Person 5).

8.3.1 Vereinte Modelle im Vergleich

In der Lernphase des Virtuellen Assistenten ist der Nutzer dazu angehalten, Fortlaufend Feedback zu seinem Unterbrechbarkeitslevel zu geben. Um diesen initialen Konfigurationsaufwand zu reduzieren, soll

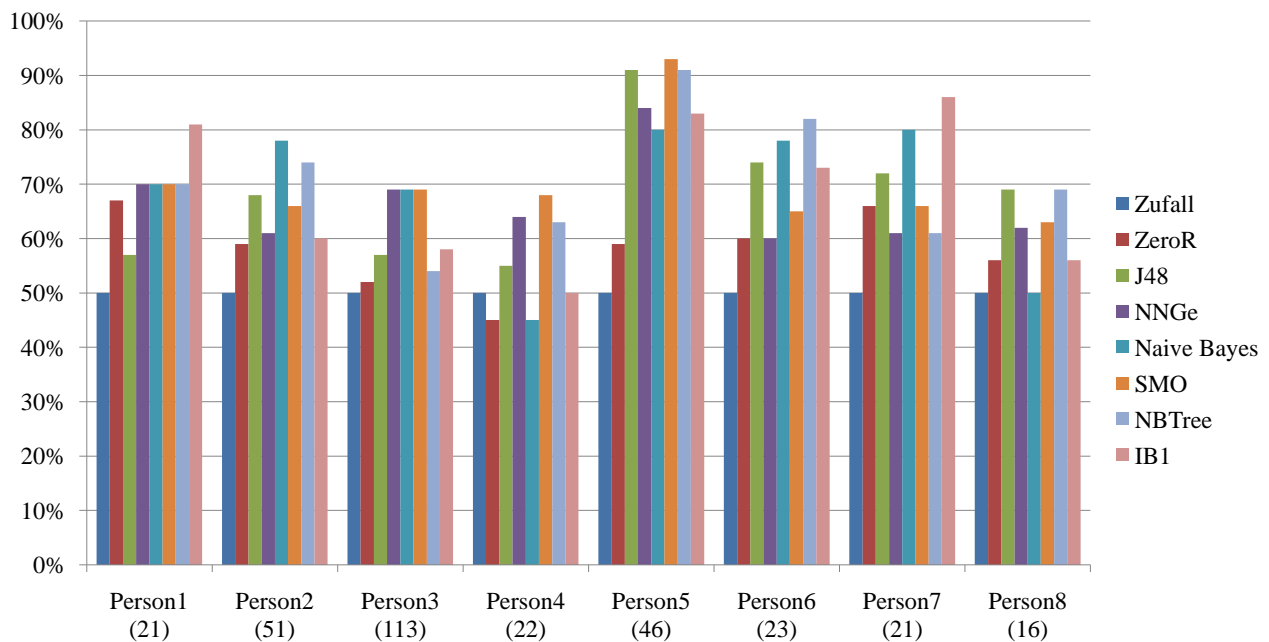


Abbildung 8.3: Klassifikationsgenauigkeit für die personenspezifischen Datensätze auf einem zweifachgestuften Unterbrechbarkeitsniveau

Klassifizierer	Durchschnittliche Genauigkeit
ZeroR	58%
J48	68%
NNGe	66%
Naive Bayes	69%
SMO	70%
NBTree	71%
IB1	68%

Tabelle 8.2: Durchschnittliche Klassifikationsgenauigkeit des zweifachgestuften Unterbrechbarkeitsniveaus auf Basis eines kombinierten Modells

im folgenden untersucht werden, wie gut sich vereinte Modelle von verschiedenen Nutzern dazu verwenden lassen, die Klassifikation durchzuführen. Hierzu wurden die vorhandenen Trainingsdatensätze für die Dimension *Unterbrechbarkeit aller Personen* vereint. Abbildung 8.5 zeigt die Klassifikationsergebnisse. Neben der Genauigkeit der Klassifikation auf den sechs Stufen wurden ebenfalls die resultierenden Genauigkeiten unter der Annahme betrachtet, dass ein Beispiel auch dann für richtig klassifiziert eingestuft wurde, wenn das Ergebnis in eine der benachbarten Klassen fiel. Diese Art der Zusammenfassung ist in Abbildung 8.5 als (+ / -) Vereinigung dargestellt. Ergänzend ist ebenfalls die zweistufige Klassifikation für die Unterbrechbarkeit sowie die erzielten Genauigkeiten bei einem vereinten Modell aller Personen zur Erkennung der Aufgabenkomplexität gegeben. Es zeigt sich, dass neben dem Klassifizierer auf Basis von Support-Vektor-Maschinen (SMO) der Ansatz der *Naive Bayes Trees* (NBTree) durchgängig die besten Klassifikationsergebnisse erzielt. Das NBTree-Verfahren ermöglicht es durch den hierarchischen Grundansatz, robust gegenüber statistischen Abhängigkeiten von Merkmalen zu sein, gleichzeitig jedoch eine gewisse Merkmalsbreite bei der Entscheidung durch den Naive-Bayes-Ansatz zu bieten. Die durchweg hohe Güte des NBTree-Verfahrens kann dadurch erklärt werden, dass einzelne relevante Merkmale, wie

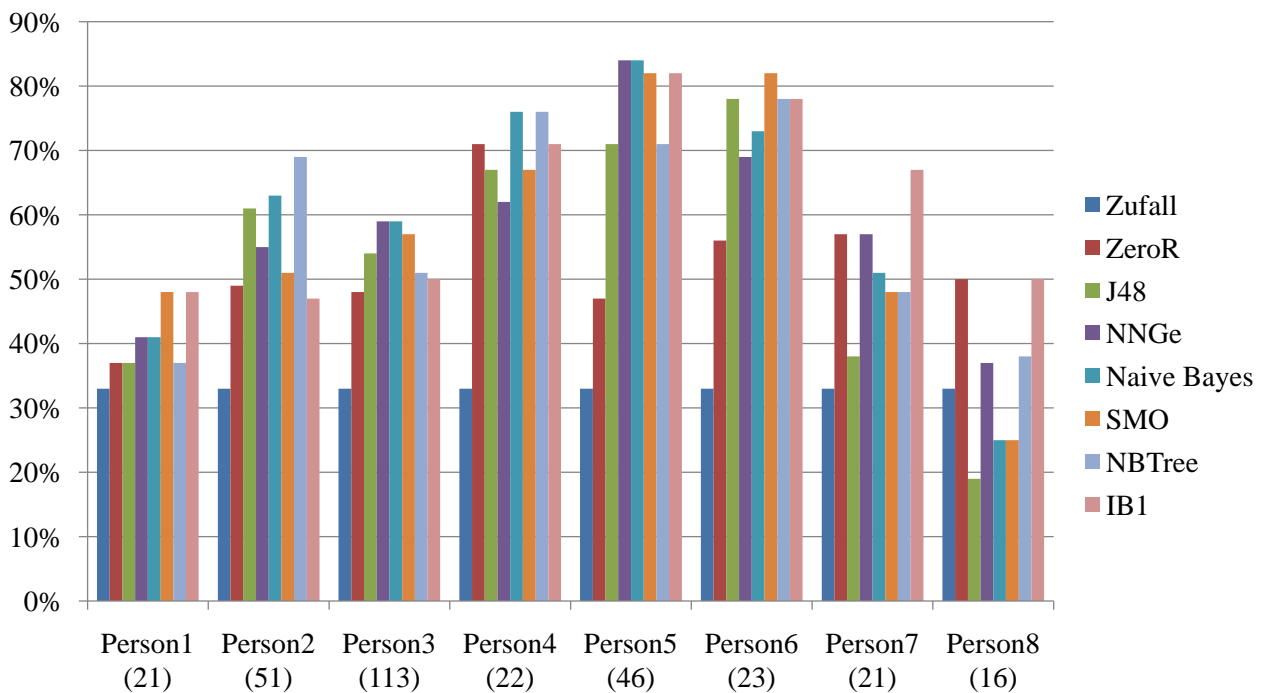


Abbildung 8.4: Klassifikationsgenauigkeit der Aufgabenkomplexität in den Stufen *Routineaufgaben*, *Regelbasierte Aufgaben* und *Kreativaufgaben*

z.B. die vom Nutzer verwendete Anwendung, einen wichtigen Aufschluss über die Klassifikation beisteuern, die letztendliche Zuordnung jedoch auf Basis mehrere Merkmale wie Tastatur- und Mausaktivität getroffen wird. Auf die Unterschiede in der Merkmalsrelevanz wird daher gesondert in Abschnitt 8.3.2 eingegangen.

Grundsätzlich zeigt sich in Abbildung 8.5, dass eine Reduzierung der Zuordnungsklassen die Genauigkeit des Klassifikationsschritts erhöht. Die Resultate des Klassifizierers auf dem Kombinierten Modell sind 7% bis 19% besser als der Referenzklassifizierer ZeroR. Dies bedeutet, dass sich durch die Vereinigung der Daten aller Nutzer in diesem Fall bessere Ergebnisse erzielen lassen als durch Nutzung der Daten der einzelnen Personen getrennt. Die verbesserte Güte lässt sich auch darauf zurückführen, dass durch den vereinten Datensatz eine deutlich größere Anzahl von Instanzen zur Verfügung stand.

Im Allgemeinen ist es für einen Benutzer ausreichend, wenn seine Genauigkeit *ungefähr* korrekt bestimmt wurde. Nimmt man an, dass der Benutzer zufrieden ist, wenn die ausgewählte Klasse auf der Skala der Unterbrechbarkeit einen Punkt oberhalb oder unterhalb liegt, so kann das Ergebnis auch anders interpretiert werden. Die entsprechenden Resultate sind im zweiten Teil (*interruption (+/-1)*) von Abbildung 8.5 aufgezeigt. Hierbei ergibt sich ein Unterschied von bis zu 25% zwischen dem Ergebnis von NBTree und ZeroR, und es lassen sich Genauigkeiten von bis zu 68% erzielen.

Das Resultat des kombinierten bipolaren Modells (zum Vergleich Abbildung mit den bimodalen Modellen der einzelnen Nutzer) ist im dritten Teil der Abbildung (*combined*) zu sehen. Bei der Auswahl der Klasse aus einer Menge von zwei möglichen Klassen lässt sich hierbei eine Genauigkeit von 72% erzielen. Auch hier erreichte das NBTree-Verfahren die besten Resultate.

Im letzten Teil der Abbildung ist die Analyse der kombinierten Daten aller Personen zur Bestimmung der Tätigkeitskomplexität aufgezeigt. Bei der Auswahl aus den drei möglichen Klassen zeigt sich hier bei den meisten Klassifizierern eine Verbesserung unter Einbeziehung der Sensordaten im Vergleich zum Referenzklassifizierer.

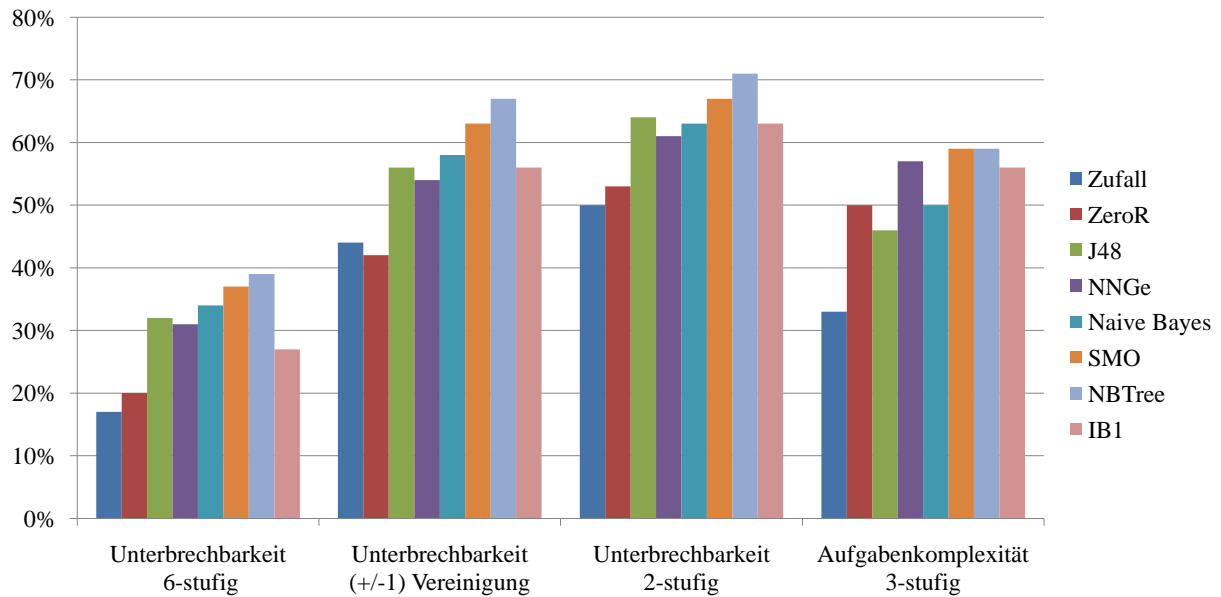


Abbildung 8.5: Kombinierte Modelle mit dem Feedback aller Nutzer

8.3.2 Merkmalsrelevanz bei der Klassifikation

Da mit der steigenden Anzahl von zu verarbeitenden Merkmalen mehr Ressourcen für die Modellgenerierung, Speicherung und Auswertung benötigt werden, wurde untersucht, welche der aufgenommenen Merkmale eine hohe Relevanz bei der Klassifikation hatten und welche Merkmale aufgrund ihres geringen Beitrages vernachlässigt werden können. Um dies anhand eines repräsentativen Beispiels durchzuführen, wurde der Datensatz von Person 5 genauer untersucht, da sich hier die höchste Genauigkeit bei der Klassifikation des Unterbrechbarkeitsniveaus ergab. Hierzu wurde jedes Merkmal mit dem in Kapitel 2.1.3 vorgestellten Maß des Informationsgewinns bewertet und die Merkmale absteigend sortiert. Tabelle B auf Seite 155 im Anhang zeigt den gemessenen Informationsgehalt der vierzig relevantesten Merkmale. Die Fenstergröße gibt an, über wie viele Fenster (jeweils 20 Sekunden) hinweg die Ereignisse betrachtet wurden. Eine Fenstergröße von 3 bedeutet, dass die Ereignisse der letzten Minute herangezogen wurden. Anhand der Tabelle ist zu erkennen, dass Merkmale der Klasse *SUM TIME*, die darüber Aufschluss geben, wie lange ein gewisses Merkmal Gültigkeit besitzt, einen hohen Informationsgehalt besitzt. Den höchsten Informationsgehalt hat die Aussage, wie lang sich der Nutzer in der Programmierungsumgebung Eclipse (*eclipse.exe*) innerhalb der letzten Minute befand. Fast ebenso hoch sind die Aussagen zu Gewichten, wie viele Buchstaben oder Satzzeichen innerhalb der letzten fünf Minuten über die Tastatur eingegeben wurden. Danach folgen eine Reihe von Aussagen über die Verwendung von Webbrowsern (*firefox.exe*) oder E-Mail-Anwendungen (*thunderbird.exe*) jeweils mit etwas geringerer Aussagekraft. Zum besseren Vergleich zwischen den Merkmalen zeigt Abbildung 8.6 grafisch die Werte des Informationsgewinns.

8.3.3 Zusammenhang zwischen Tätigkeitskomplexität und Unterbrechbarkeitsniveau

In den vorangegangenen Analysen zum Unterbrechbarkeitskonzept wurde bei der Erstellung des Faktorenmodells in Kapitel 3 die Frage diskutiert, welchen Einfluss bestimmte Faktoren auf das Unterbrechbarkeitsniveau haben. Durch die gleichzeitige Erhebung des Unterbrechbarkeitsniveaus und der Tätigkeitskomplexität während unterschiedlicher Arbeitsphasen konnte somit eine korrelative Betrachtung durchgeführt werden. Die Feedback-Werte der beiden Datensätze zur Tätigkeit und Unterbrechbarkeit

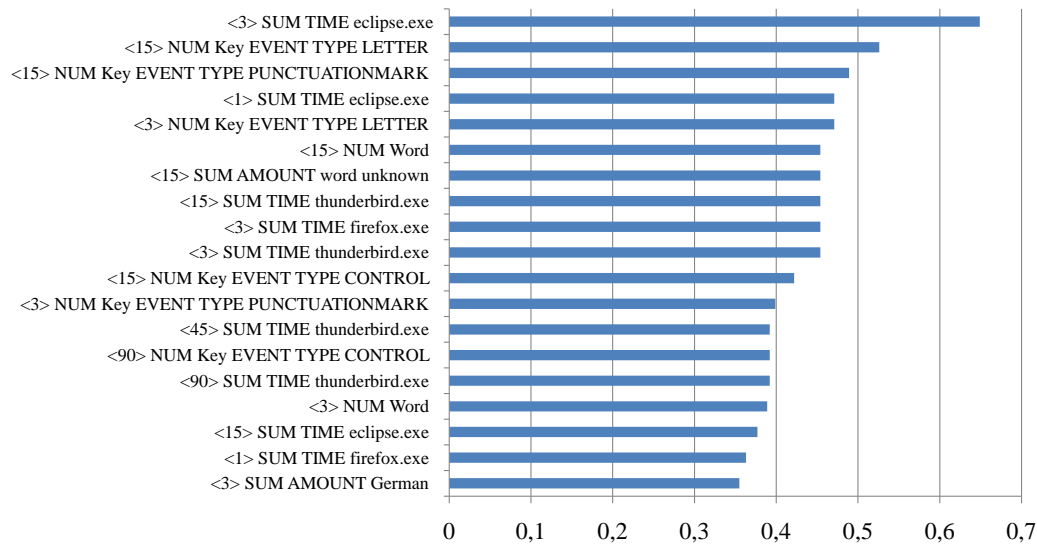


Abbildung 8.6: Informationsgewinn der einzelnen Merkmale, $\langle x \rangle$ -Multiplikator der beobachteten Fenstergröße von 20 Sekunden

wurden in einem gemeinsamen Datensatz vereint, womit sich die manuelle Klassifikation auf beiden Skalen vergleichen ließ.

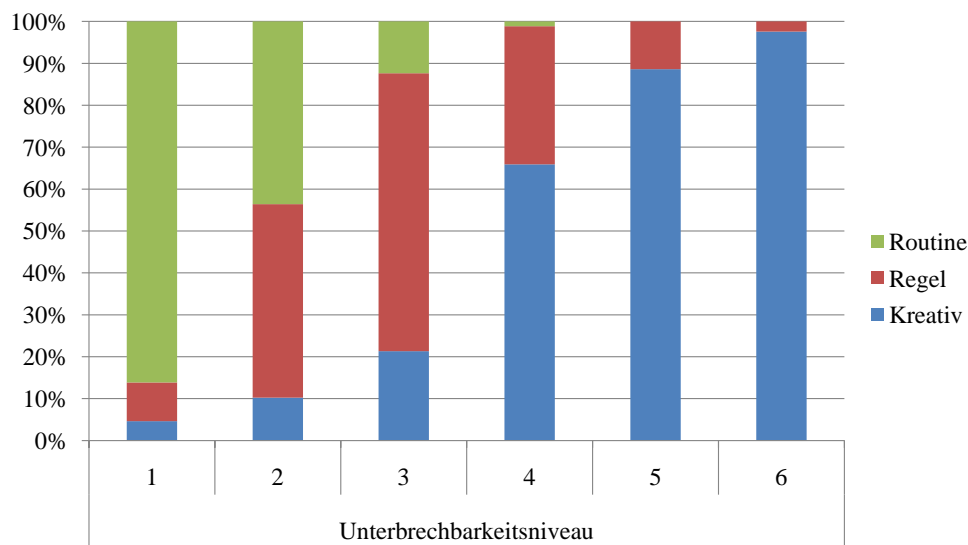


Abbildung 8.7: Zusammenhang zwischen Tätigkeitsklasse und Unterbrechbarkeitslevel

In Abbildung 8.7 ist der Zusammenhang zwischen den beiden Skalen für alle von den Benutzern gegebenen Bewertungen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass je nach Unterbrechbarkeitslevel andere Tätigkeitsklassen durch den Nutzer genannt werden und umgekehrt. Im Unterbrechbarkeitsniveau 1 werden zu über 80% Routineaufgaben durchgeführt. Die Regelaufgaben werden vorwiegend innerhalb der Unterbrechbarkeitsniveaus 2 bis 4 durchgeführt. Im Unterbrechbarkeitslevel 5 und 6 finden sich fast ausschließlich Kreativaufgaben und keine Routineaufgaben mehr. Der zu erkennende Zusammenhang zwischen Tätigkeitsklasse und Unterbrechbarkeitslevel lässt sich anhand des Korrelationskoeffizienten als hoch signifikant bewerten ($r=0.7916$, $p<0.001$).

9 Zusammenfassung und Ausblick

9.1 Zusammenfassung

In der Informationsgesellschaft ist die menschliche Aufmerksamkeit die grundlegende Ressource zur Erbringung geistiger Arbeit. Der steigende Vernetzungsgrad des modernen Wissensarbeiters ermöglicht das schnelle und spontane Austauschen von Informationen, um sich schnell und flexibel an die hoch dynamischen Arbeitsprozesse anzupassen. Wissensarbeit ist somit eine selbstständig strukturierte und kognitiv anspruchsvolle Tätigkeit, in der jegliche Kommunikation das grundlegende Element für Informationsaustausch und den Abgleich eigener Arbeitsschritte mit Dritten darstellt.

Spontane Unterbrechungen hoch geistiger Arbeit können sich stark negativ auf Qualität und subjektive Befindlichkeit des Wissensarbeiters auswirken. Der Wissensarbeiter ist in seinem Unterbrechungsmanagement daher gezwungen, seine Arbeitsprozesse im Spannungsfeld zwischen intensiver Kollaboration durch Kommunikation und dem Erhalt der eigenen Produktivität durch störungsfreie Arbeitsphasen zu optimieren. Hierbei muss das Unterbrechungsmanagement, neben der Kontrolle von sozialen Unterbrechungen durch Kollegen, vor allem die Kontrolle von Medien der Computer-vermittelten Kommunikation beinhalten. In dieser Arbeit wurde das Ziel verfolgt, dem Wissensarbeiter in seinem Unterbrechungsmanagement Unterstützung in Form eines mediiierenden Virtuellen Assistenten anzubieten.

Hierzu wurden in Kapitel 2 grundlegende Definitionen von Unterbrechungsarten, der Kontextbeschreibung des Wissensarbeiters und seinem individuellen Unterbrechungsmanagement-Konzept gegeben. Ferner wurde grundlegend auf die Mechanismen des Maschinellen Lernens und in psychologische Theorien zur Beschreibung von Unterbrechungseffekten auf kognitiver Ebene eingegangen. Aufbauend auf diesen Definitionen und entsprechendem Grundlagenwissen wurde systematisch der Begriff der Unterbrechungskosten auf individueller und Unternehmensebene eingeführt. Hierbei wurde im Hinblick auf eine automatisierte Unterbrechungs-Filterung die notwendige Kosten-Nutzen-Abwägung in den Kontext kognitiver Kontrolltheorien gesetzt. In diesem Zusammenhang wurde analog zum *Persistenz-Flexibilitäts-Dilemma* aus dem Bereich der volitionalen Handlungskontrolltheorie das *Informations-Antizipations-Dilemma* im Kontext des Unterbrechungsmanagements hergeleitet. Abschließend wurde in Kapitel 2 auf verwandte Arbeiten zur Modellierung der Kosten-Nutzen-Abwägung und auf technische Systeme zur Unterstützung beim Unterbrechungsmanagement eingegangen.

Kapitel 3 führte in das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Faktorenmodell zur Beschreibung des individuellen Unterbrechbarkeitskonzepts ein. In dem Modell wird eine umfassende Übersicht über Faktoren gegeben, die zur Beschreibung des Unterbrechbarkeitskonzepts operationalisiert werden müssen. Das Modell ermöglicht es weiter, eine differenzierte Darstellung des Unterbrechbarkeitskonzepts auf Basis unterbrechungsunabhängiger und unterbrechungsabhängiger Faktoren zu geben. Anhand des Modells wurden verwandte Forschungsarbeiten diskutiert, die die Effekte von Unterbrechungen auf geistige Arbeit untersuchen. Das Modell ist daher ein wissenschaftlicher Beitrag, Untersuchungen im Bereich der Unterbrechungswissenschaften systematisch zu ordnen und offene Fragestellungen zu identifizieren.

Kapitel 4 beschrieb die in dieser Arbeit durchgeführte Umfragestudie, die eine Einschätzung über den Bedarf an Unterstützung beim Störungsmanagement, die Akzeptanz von Sensorik im Arbeitsumfeld und individuelle Unterschiede in der Unterbrechbarkeit untersuchte. Es wurden die entwickelten Messinstrumente beschrieben und auf den erstellten Fragebogen eingegangen. Die Datenerhebung an 82 Wissensarbeitern der Technischen Universität Darmstadt zeigte, dass ein Bedarf an der Unterstützung beim

Unterbrechungsmanagement vorhanden ist. Weiter zeigte sich, dass nur eine geringe Akzeptanz besteht, Sensorinformationen aus dem Arbeitskontext unterschiedlichen Personengruppen zur Einschätzung der eigenen Unterbrechbarkeit zur Verfügung zu stellen. Alleinig der Veröffentlichung von Informationen aus dem Terminkalender wurde mehrheitlich eine hohe Akzeptanz eingeräumt. Hinsichtlich individueller Unterschiede in der Unterbrechbarkeit zeigte sich eine mittlere Unterbrechungs-Empfindlichkeit der Probanden, was ebenfalls ein mittleres Restriktionsniveau im Umgang mit Unterbrechungen widerspiegelt.

Anhand des entwickelten Faktorenmodells (Kapitel 3) wurden verwandte Forschungsarbeiten zur Auswirkung von Unterbrechungen klassifiziert und offene Fragestellungen identifiziert. Darauf aufbauend wurde in Kapitel 5 in einem Laborexperiment untersucht, inwiefern die Modalität einer Unterbrechung Einfluss auf kognitive Leistung, Stressempfinden und Physiologie bei PC-basierter Wissensarbeit hat. Als Mediatoren wurden die Art der Primäraufgabe und die Antizipation von Kontrolle über externe Störungen variiert. In der experimentellen Untersuchung an 86 Probanden zeigte sich, dass sich die Komplexität der Primäraufgabe negativ auf das Stressempfinden auswirkt. Bei Variation der Modalität konnte kein Unterschied zwischen sozialen und computerbasierten Unterbrechungen festgestellt werden. Es zeigte sich, dass sich die manuelle Konfiguration von Unterbrechungs-Kontroll-Mechanismen negativ auf das Stressempfinden auswirkt.

Anhand der Umfragestudie aus Kapitel 4 wurde erkenntlich, dass in der erhobenen Stichprobe eine hohe Akzeptanz darin bestand, Dritten Kalenderinformationen zum verbesserten Unterbrechungsmanagement zugänglich zu machen. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde ein Sensor entwickelt, der Kalenderinformationen aus drei gängigen Kalenderanwendungen extrahiert und in einem gemeinsamen Kalendermodell vereint. Kapitel 6 beschrieb neben der technischen Architektur des Systems den Ansatz, Kalendereinträge durch Klassifikationsalgorithmen auf den Dimensionen *Ereignistyp*, *Privatsphäre*, *Ort* und *Kommunikationsverfügbarkeit* zu klassifizieren. Hierzu wurde eine Analyse- und Klassifikationsumgebung entwickelt, die neben einer umfangreichen Merkmalsvorverarbeitung eine manuelle Klassifikation von Kalendereinträgen durch den Nutzer ermöglicht. Auf Basis einer Stichprobe von 15 Wissensarbeitern wurde anschließend ein Trainingsdatensatz erstellt, dessen Güte und Nutzen anhand unterschiedlicher Klassifikationsalgorithmen untersucht wurde. Anhand der empirischen Daten zeigte sich, dass bereits eine akzeptable Klassifikationsgenauigkeit mit einem einfachen regelbasierenden Algorithmus erzielt werden kann.

Kapitel 7 beschrieb die Umsetzung des Virtuellen Assistenten auf Basis des ContextFramework.KOM. Zur individuellen Modellierung des Unterbrechbarkeitskonzepts wurde auf den entwickelten und umgesetzten Lern-Adaptionskreislauf, die Merkmalsvorverarbeitung zur Integration von Expertenwissen sowie die entwickelten Nutzerschnittstellen für das Online- und Offline-Feedback eingegangen. Weiter wurde die Entwicklung und Integration des Audio-, Video-, PC-, und Bürostuhlsensors beschrieben. Ferner wurde in Kapitel 7 eine Strategie vorgestellt, um für eine Langzeituntersuchung des Unterbrechbarkeitskonzepts eine hinreichende Nutzerakzeptanz zu schaffen. Im Rahmen dieser Strategie wurde anschließend auf die entwickelten Nutzerschnittstellen wie die digitale Sanduhr und das digitale Türschild eingegangen, sowie die technischen Umsetzungen zur Mediation von Anruf- und E-Mail-Unterbrechungen beschrieben.

In Kapitel 8 wurden die Ergebnisse der Evaluation von Teilkomponenten des Systems vorgestellt. Hierzu wurden anhand einer Stichprobe von acht Personen des Fachgebiets *Multimedia Kommunikation*, umfangreiche Sensorinformationen aus der PC-Umgebung aufgenommen und ein Trainingsdatensatz nach der Methode der Ereignisstichprobe zusammen mit dem Nutzerfeedback auf den Ebenen *Unterbrechbarkeitsniveau* und *Aufgabenkomplexität* erstellt. Die anschließende Untersuchung gängiger Klassifikationsalgorithmen zeigte, dass es aufgrund der individuellen Arbeitsgestaltung große Unterschiede

in der erzielten Klassifikationsgenauigkeit zwischen den Personen gab. Eine Reduzierung der Granularität des Feedbacks auf zwei Stufen ergab eine Verbesserung der Klassifikationsgenauigkeit. Es zeigte sich weiter, dass trotz der individuellen Unterschiede zwischen den Personen eine hinreichende Güte auf Basis eines vereinten Datensatzes erzielt werden konnte, so dass dieser Ansatz als Ausgangspunkt für neue Nutzer verwendet werden kann, um die initiale Lernphase des Systems zu verkürzen. Als Beitrag zu den durch das Faktorenmodell beschriebenen wissenschaftlichen Fragestellungen konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Aufgabenkomplexität und dem unterbrechungsunabhängigen Unterbrechbarkeitsniveau gezeigt werden.

9.2 Ausblick

Mit dieser Arbeit wurde eine Grundlage geschaffen, empirische Untersuchungen zum Unterbrechungsmanagement und zur Unterstützung durch einen kontextbewussten Virtuellen Assistenten durchzuführen. Obgleich sich der Rahmen dieser Arbeit auf das Anwendungsszenario des Wissensarbeiters an seinem Büroarbeitsplatz begrenzt, ist ersichtlich, dass die Grundkonzepte auch auf weitere momentan diskutierte Anwendungsgebiete, wie die Unterbrechbarkeitserkennung während der Durchführung kritischer medizinischer Maßnahmen, angewendet werden können. So werden proaktive Informationssysteme nur dann eine hinreichende Nutzerakzeptanz erzielen, wenn diese bei der Initiierung einer Kommunikationssitzung den Kontext des Nutzers sowie sein aktuelles Unterbrechbarkeitsniveau mit in Betracht ziehen können.

Erhebung empirischer Daten und weitere Merkmale

Durch die vollständige technische Umsetzung der vorgestellten Komponenten des Virtuellen Assistenten (Kapitel 7) ist es nun möglich, in weiteren Arbeiten umfangreiche empirische Testdaten zu sammeln und auszuwerten. Für die Umsetzung der vorgestellten Strategien zur Langzeituntersuchung des Unterbrechbarkeitskonzepts müssen dazu die prototypisch umgesetzten Nutzerschnittstellen wie die digitale Sanduhr oder das digitale Türschild allen Versuchspersonen zur Verfügung stehen. Im Rahmen einer solchen Datenerhebung sollte angedacht werden, neben den bereits implementierten Sensoren auch weitere vorgestellte Größen aus dem Faktorenmodell zu operationalisieren. Hier sollte beispielsweise eine medienübergreifende Modellierung der sozialen Beziehung durchgeführt werden, so dass zum einen während der Datensammlung zum Unterbrechbarkeitskonzept dieses Merkmal mit in das Modell aufgenommen werden kann und zum anderen der Virtuelle Assistent seine Filterfunktionen auf Basis der sozialen Beziehung anpassen kann. Durch die steigende Verfügbarkeit kostengünstiger, mobiler psychophysiologischer Sensoren könnten die diskutierten Ansätze zur Bestimmung des Unterbrechbarkeitsniveaus anhand physiologischer Kennwerte mit integriert werden. Weiter ist es von forschungsrelevantem Interesse, die im Faktorenmodell vorgestellten persönlichkeitspezifischen Präferenzen der Poly- und der Monochronizität als statisches Merkmal mit zu erheben. Zusammen mit den Sensorinformationen aus dem Arbeitsverhalten können neben einer Verbesserung der Entscheidungsfunktion ganz neue Einsichten über Multitasking-Verhalten gewonnen werden.

Nutzerakzeptanz und Nutzerschnittstellen

Die erzielten Ergebnisse der automatisierten Klassifikation des Unterbrechbarkeitsniveaus auf Basis des PC-Task-Sensors zeigten eine vergleichbare Genauigkeit mit verwandten Arbeiten. Inwieweit diese Genauigkeit jedoch für die Entscheidungsfindung im Wirkbetrieb eine ausreichende Nutzerakzeptanz erzeugt, bleibt auch in den verwandten Arbeiten offen. Werden die Unterbrechungskosten zu restriktiv eingeschätzt, mag dies zwar für die eigenen Arbeitsabläufe des Nutzers von Vorteil sein, jedoch wird sich dies langfristig negativ auf die Kommunikationsbeziehung zu Dritten auswirken. Ein Unterschätzen des Unterbrechbarkeitsniveaus hingegen wirkt sich sofort negativ auf die Nutzerakzeptanz aus, da somit eine Unterstützung im Unterbrechungsmanagement nicht gegeben ist. Die Akzeptanz einer Fehlentscheidung wird jedoch auch davon abhängig sein, inwieweit eine Visibilität der Entscheidungsfindung ermöglicht

wird und ob eine solche Fehlentscheidung sofort behoben werden kann. Durch die erstellte Offline-Feedback-Anwendung ist es dem Nutzer möglich, die aufgenommenen Sensorwerte zusammen mit der Entscheidungsfindung aus der Retrospektive zu betrachten. Der Inferenzschritt selbst wird jedoch nicht dargestellt. So ist es für eine hinreichende Nutzerakzeptanz notwendig, dass die getroffenen Entscheidungen auch für technisch weniger versierte Nutzer nachvollziehbar sind. Die Fehlentscheidung eines menschlichen Assistenten kann beispielsweise eher toleriert werden, wenn die Entscheidungsgrundlage bekannt ist und durch erneute Instruktion das gewünscht Verhalten sichergestellt werden kann. Die verständliche Darstellung des Inferenzschrittes ist somit eine wesentliche Herausforderung, die nicht nur in der Anwendung durch den Virtuellen Assistenten von Bedeutung ist.

9.3 Fazit

Ein menschlicher Assistent verfügt aufgrund seines Weltmodells über die Fähigkeit, sowohl die Bedeutung einer bevorstehenden Unterbrechung für den Empfänger als auch die Auswirkungen auf den Empfänger zu antizipieren. Technische Ansätze stehen hier den harten Problemen der künstlichen Intelligenz gegenüber, wobei ihre Möglichkeiten darauf begrenzt sind, die erkannten Muster des Unterbrechbarkeitskonzepts des Empfängers nachzuahmen. In dieser Arbeit wurde der Ansatz der musterbasierenden Unterbrechbarkeitserkennung in einem voll funktionsfähigen System umgesetzt. Neben den gewonnenen Erkenntnissen ist somit eine Grundlage entstanden, empirische Untersuchungen im Bereich der Unterbrechungswissenschaften durchzuführen. Inwiefern dieser Ansatz reale Unterstützung in der Arbeitsumgebung des Wissensarbeiters bieten kann, wird sich in den weiterführenden Felduntersuchungen zeigen.

Interessant bleibt die Frage, ob das nutzerspezifische Konzept überhaupt das Optimum des individuellen Unterbrechungsmanagements darstellt. Man stelle sich die Präsenz eines erfahrenen Coaches vor, der über die Schulter blickend auch entgegen der eigenen Handlungstendenzen Unterbrechungen zulässt, verschiebt oder gänzlich abweist. Die Frage, inwiefern sich dieser Ansatz als überlegen und technisch umsetzbar erweist, kann als ein Ausgangspunkt weiterer Arbeiten angesehen werden.

Literaturverzeichnis

- [AAL06] ARNDT, A. ; ARNOLD, T. J. ; LANDRY, T. D.: The effects of polychronic-orientation upon retail employee satisfaction and turnover. In: *Journal of Retailing* 82 (4) (2006), S. 319–330. – 167
- [AAR72] ALLPORT, A. D. ; ANTONIS, B. ; REYNOLDS, P.: On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. In: *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 24 (1972), Nr. 2, S. 225–235
- [AB04] ADAMCZYK, P. ; BAILEY, B. P.: If not now, when?: the effects of interruption at different moments within task execution. In: *CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. USA : ACM, 2004, S. 271–278. – 25
- [AH04] AVRAHAM, D. ; HUDSON, S. E.: QnA: augmenting an instant messaging client to balance user responsiveness and performance. In: *CSCW '04: Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*. New York, NY, USA : ACM, 2004, S. 515–518
- [AT04] ALTMANN, E. ; TRAFTON, J.: Task Interruption: Resumption Lag and the Role of Cues. In: *In Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2004, S. 42–47
- [Bar86] BARON, R. S.: Distraction-conflict theory: Progress and problems. In: *Advances in experimental social psychology* 19 (1986), S. 1–40
- [BBI07] BAILEY, B. P. ; BUSBEY, C. W. ; IQBAL, S. T.: TAPRAV: An interactive analysis tool for exploring workload aligned to models of task execution. In: *Interacting with Computers* 19 (2007), Nr. 3, S. 314–329. – ISSN 0953–5438
- [BBI08] BAILEY, B. P. ; BUSBEY, C. W. ; IQBAL, S. T.: Understanding changes in mental workload during execution of goal-directed tasks and its application for interruption management. In: *Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* 14 (2008), Nr. 4, S. 1–28. – ISSN 1073–0516. – 5
- [BC75] BERGER, C. R. ; CALABRESE, R. J.: Some exploration in initial interaction and beyond: Toward a developmental theory of interpersonal communication. In: *Human Communication Research* 1 (1975), Nr. 2, S. 99–112. – 176
- [BFS09] BASOGLU, K. A. ; FULLER, M. A. ; SWEENEY, J. T.: Investigating the effects of computer mediated interruptions: An analysis of task characteristics and interruption frequency on financial performance. In: *International Journal of Accounting Information Systems* 10 (2009), S. 177–189
- [BG05] BOYLE, M. ; GREENBERG, S.: The Language of Privacy: Learning from video media space analysis and design. In: *ACM TOCHI* 12 (2005), S. 328–370
- [BG06] BYRNE, J. A. ; GERDES, L.: The man who invented management. In: *Engineering Management Review, IEEE* 34 (2006), Quarter, Nr. 2, S. 6–6. – ISSN 0360–8581
- [BGR94] BUEHLER, R. ; GRIFFING, D. ; ROSS, M.: Exploring the "planning fallacy": Why people underestimate their task completion times. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 67 (1994), S. 366–381

- [BK06b] BAILEY, B. P. ; KONSTAN, J.A.: On the Need for Attention Aware Systems: Measuring Effects of Interruption on Task Performance, Error Rate, and Affective State. In: *Journal of Computers in Human Behavior* 22 (4) (2006), S. 685–708. – 51
- [Bor05] BORTZ, Jürgen: *Statistik: für Human- und Sozialwissenschaftler (Springer-Lehrbuch) (German Edition)*. 6., vollst. überarb. u. aktualisierte Aufl. Springer, 2005
- [BTSY02a] BEGOLE, J. ; TANG, J. C. ; SMITH, R. B. ; YANKELOVICH, N.: Work rhythms: analyzing visualizations of awareness histories of distributed groups. In: *CSCW '02: Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work*, ACM, 2002, S. 334–343
- [CA09] CARTON, A. ; AIELLO, J. R.: Control and Anticipation of Social Interruptions: Reduced Stress and Improved Task Performance. In: *Journal of Applied Social Psychology* 39(1) (2009), S. 169–185
- [CCH00a] CUTRELL, E. B. ; CZERWINSKI, M. ; HORVITZ, E.: Effects of instant messaging interruptions on computing tasks. In: *CHI '00: CHI '00 extended abstracts on Human factors in computing systems*. USA : ACM, 2000, S. 99–100. – 147
- [CCH00b] CZERWINSKI, M. ; CUTRELL, E. ; HORVITZ, E.: Instant Messaging and Interruption: Influence of Task Type on Performance. In: *OZCHI*, 2000, S. 356–361. – 52
- [CCH00c] CZERWINSKI, M. ; CUTRELL, E. ; HORVITZ, E.: Instant Messaging: Effects of Relevance and Timing. In: *Human-Computer Interaction*, 2000, S. 71–76. – 110
- [CCH01] CUTRELL, E. ; CZERWINSKI, M. ; HORVITZ, E.: *Notification, Disruption, and Memory: Effects of Messaging Interruptions on Memory and Performance*. 2001. – 134
- [CCS91] CZERWINSKI, M. ; CHRISMAN, S. E. ; SCHUMACHER, B.: The effects of warnings and display similarities on interruption in multitasking environments. In: *SIGCHI Bulletin* 23 (1991), October, Nr. 4, S. 38–39
- [CHW04] CZERWINSKI, M. ; HORVITZ, E. ; WILHITE, S.: A diary study of task switching and interruptions. In: *CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2004. – ISBN 1–58113–702–8, S. 175–182
- [CV04] CHEN, D. ; VERTEGAAL, R.: Using mental load for managing interruptions in physiologically attentive user interfaces. In: *CHI '04: CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems*. USA : ACM, 2004. – ISBN 1–58113–703–6, S. 1513–1516
- [Dab06] DABBISH, L. A.: *Coordinating initiation and response in computer-mediated communication*. USA, Carnegie Mellon University, Diss., 2006
- [DCP⁺07] DIAMOND, D. M. ; CAMPBELL, A. M. ; PARK, C. R. ; HALONEN, J. ; ZOLADZ, P. R.: The temporal dynamics model of emotional memory processing: a synthesis on the neurobiological basis of stress-induced amnesia, flashbulb and traumatic memories, and the Yerkes-Dodson law. In: *Neural plasticity 2007* (2007). – ISSN 1687–5443
- [Dey00] DEY, A. K.: *Providing architectural support for building context-aware applications*. USA, Georgia Institute of Technology, Diss., 2000. – Director-Abowd, Gregory D.
- [DG05] DAVIS, S. ; GUTWIN, C.: Using relationship to control disclosure in Awareness servers. In: *GI '05: Proceedings of Graphics Interface 2005*. School of Computer Science, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada : Canadian Human-Computer Communications Society, 2005, S. 145–152

-
- [DK04] DABBISH, L. ; KRAUT, R. E.: Controlling interruptions: awareness displays and social motivation for coordination. In: *CSCW '04: Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*, ACM, 2004, S. 182–191
- [DKS06] DANNINGER, M. ; KLUGE, T. ; STIEFELHAGEN, R.: MyConnector: analysis of context cues to predict human availability for communication. In: *ICMI '06: Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces*. USA : ACM, 2006, S. 12–19
- [Dru74] DRUCKER, P. E.: *Management: Tasks, Responsibilities, Practices*. Harper & Row Publishers, New York, 1973, 1974
- [DS08] DANNINGER, M. ; STIEFELHAGEN, R.: A context-aware virtual secretary in a smart office environment. In: *MM '08: Proceeding of the 16th ACM international conference on Multimedia*. USA : ACM, 2008, S. 529–538
- [DTW⁺07] DANNINGER, M. ; TAKAYAMA, L. ; WANG, Q. ; SCHULTZ, C. ; BERINGER, J. ; HOFMANN, P. ; JAMES, F. ; NASS, C.: Can you talk or only touch-talk: A VoIP-based phone feature for quick, quiet, and private communication. In: *ICMI '07: Proceedings of the 9th international conference on Multimodal interfaces*, ACM, 2007, S. 154–161
- [EC00] EYROLLE, H. ; CELLIER, J.: The effects of interruptions in work activity: field and laboratory results. In: *Applied Ergonomics* 31 (2000), Nr. 5, 537 - 543. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V1W-40WDVVH-C/2/830e4d7fc1bb13abbede10d70c4a6922>. – ISSN 0003-6870
- [EHH99] E. HORVITZ, A. J. ; HOVEL, D.: Attention-Sensitive Alerting. In: *In: Proceedings of UAI '99, Conference on Uncertainty and Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann: San Francisco, July 1999, S. 305–313
- [ELLE02] EDWARDS, S. M. ; LI, H. ; LEE, J. ; EDWARDS, S. M.: Forced exposure and psychological reactance: Antecedents and consequences of the perceived intrusiveness of pop-up ads. In: *Journal of Advertising* 31 (2002), S. 83–95
- [FHA⁺05] FOGARTY, J. ; HUDSON, S. E. ; ATKESON, C. G. ; AVRAHAMI, D. ; FORLIZZI, J. ; KIESLER, S. ; LEE, J. C. ; YANG, J.: Predicting human interruptibility with sensors. In: *Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* Bd. 12. USA : ACM, 2005. – ISSN 1073-0516, S. 119–146. – 4 Journal und 128 Konferenzpaper
- [FLC04] FOGARTY, J. ; LAI, J. ; CHRISTENSEN, J.: Presence versus availability: the design and evaluation of a context-aware communication client. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 61 (2004), September, Nr. 3, S. 299–317. – ISSN 1071-5819
- [GAS04] GOERTZ, M. ; ACKERMANN, R. ; STEINMETZ, R.: *The Digital Call Assistant: Determine Optimal Time Slots for Calls*. 2004
- [GB89] GILLIE, T. ; BROADBENT, D.: What makes interruptions disruptive? A study of length, similarity, and complexity. In: *Psychological Research* 50 (1989), S. 243–250
- [GD07] GARRETT, R. K. ; DANZIGER, J. N.: IM=Interruption Management? Instant Messaging and Disruption in the Workplace. In: *Journal of Computer-Mediated Communication* 13(1) (2007). – [21]
- [GM04] GONZALEZ, V. M. ; MARK, G.: "Constant, constant, multi-tasking craziness": managing multiple working spheres. In: *CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. USA : ACM, 2004, S. 113–120

- [Gos02] GOSCHKE, T. ; IN J. MÜSSELER & W. PRINZ (HRSG.), *Allgemeine P (Hrsg.): Volition*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2002. – 271–335 S.
- [Gör05] GÖRTZ, M.: *Effiziente Echtzeit-Kommunikationsdienste durch Einbeziehung von Kontexten*, Technische Universität Darmstadt, Diss., 2005. – <http://elib.tu-darmstadt.de/diss/000592/>
- [GS05] GIEVSKA, S. ; SIBERT, J.: *Using Task Context Variables for Selecting the Best Timing for Interrupting Users*. October 2005
- [GSH⁺09] GIROUARD, A. ; SOLOVEY, E. T. ; HIRSHFIELD, L. M. ; CHAUNCEY, K. ; SASSAROLI, A. ; FANTINI, S. ; JACOB, R. J.: Distinguishing Difficulty Levels with Non-invasive Brain Activity Measurements. (2009), S. 440–452
- [GTH⁺08] GRIMES, D. ; TAN, D. S. ; HUDSON, S. E. ; SHENOY, P. ; RAO, R. P.: Feasibility and pragmatics of classifying working memory load with an electroencephalograph. In: *CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2008, S. 835–844
- [HA03] HORVITZ, E. ; APACIBLE, J.: Learning and reasoning about interruption. In: *ICMI '03: Proceedings of the 5th international conference on Multimodal interfaces*. USA : ACM, 2003. – ISBN 1-58113-621-8, S. 20–27
- [HA05] HECHT, T. D. ; ALLEN, N. J.: Exploring links between polychronicity and well-being from the perspective of person-job fit: Does it matter if you prefer to do only one thing at a time? In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 98 (2005), S. 155–178. – 168
- [Hac78] HACKER, W.: *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurspsychologie, Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten*. Bern: Huber Verlag., 1978
- [HAMS96] HINDUS, D. ; ACKERMAN, M. S. ; MAINWARING, S. ; STARR, B.: Thunderwire: A Field Study of an Audio-Only Media Space. In: *Computer Supported Cooperative Work* (1996), S. 238–247. – 156
- [Har06] HARMAN, W. S.: *Interruptions in the Goal Striving Process*. ProQuest Information and Learning, 300 North Zeeb Road, Ann Arbor, MI 48106-1346, 1-800-521-0600, University of Washington, Diss., 2006. – [39]s
- [Hat87] HATCH, M.J.: Physical Barriers, Task Characteristics, and Interaction Activity in Research and Development Firms. In: *Administrative Science Quarterly* 32 (3) (1987), S. 387–399
- [HCKE02] HUDSON, J. M. ; CHRISTENSEN, J. ; KELLOGG, W. A. ; ERICKSON, T.: "I'd be overwhelmed, but it's just one more thing to do": availability and interruption in research management. In: *CHI '02: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. USA : ACM Press, 2002. – ISBN 1581134533, S. 97–104. – 151
- [HH09] HELMIS, S. ; HOLLMANN, R.: *Webbasierte Datenintegration*. Vieweg und Teubner, 2009
- [HHB93] HOPPER, A. ; HARTER, A. ; BLACKIE, T.: The active badge system (abstract). In: *CHI '93: Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 conference on Human factors in computing systems* (1993), S. 533–534. ISBN 0-89791-575-5
- [IB05a] IQBAL, S. T. ; BAILEY, B. P.: Investigating the effectiveness of mental workload as a predictor of opportune moments for interruption. In: *CHI '05: extended abstracts on Human factors in computing systems*, ACM, 2005. – ISBN 1-59593-002-7, S. 1489–1492

- [IB07] IQBAL, S. T. ; BAILEY, B. P.: Understanding and developing models for detecting and differentiating breakpoints during interactive tasks. In: *CHI '07: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, 2007. – ISBN 978-1-59593-593-9, S. 697–706
- [IB08] IQBAL, S. T. ; BAILEY, B. P.: Effects of intelligent notification management on users and their tasks. In: *CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. USA : ACM, 2008. – ISBN 978-1-60558-011-1, S. 93–102
- [IH07] IQBAL, S. T. ; HORVITZ, E.: Disruption and recovery of computing tasks: field study, analysis, and directions. In: *CHI '07: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, 2007. – ISBN 978-1-59593-593-9, S. 677–686
- [JG99a] JOHNSON, B. ; GREENBERG, S.: Judging people's availability for interaction from video snapshots. In: *Proc. 32nd Annual Hawaii Int. Conf. HICSS-32 System Sciences*, 1999
- [KA96] KRAUT, R. E. ; ATTEWELL, P.: *Media Use in a Global Corporation: Electronic Mail and Organizational Knowledge*. 1996. – 161
- [Kah73] KAHNEMAN, D.: *Attention and Effort*. Prentice-Hall, INC,. Englewood Cliffs, 1973
- [KASS04] KERN, N. ; ANTIFAKOS, S. ; SCHIELE, B. ; SCHWANINGER, A.: A model for human interruptability: experimental evaluation and automatic estimation from wearable sensors. In: *In Proceedings of IEEE International Symposium on Wearable Computers*, IEEE, 2004, S. 158–165. – 111
- [KDK85] KINCAID, C. M. ; DUPONT, P. B. ; KAYE, A. R.: Electronic calendars in the office: an assessment of user needs and current technology. In: *ACM Trans. Inf. Syst.* 3 (1985), Nr. 1, S. 89–102. – ISSN 1046-8188
- [KET⁺10] KROPFF, M. ; ELLERMEIER, W. ; THIO, V. ; KATTNER, F. ; GRÄF, M. ; STEINMETZ, R.: *Bedarf für ein sensorbasiertes, computergestütztes Störungs-Management-System*. 2010
- [KG94] KUHL, J. ; GOSCHKE, T.: A theory of action control: Mental subsystems, modes of control, and volitional conflict-resolution strategies. In: *In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.); Volition and personality: Action versus state orientation* (1994), S. 93–124
- [Kir88] KIRMEYER, S. L.: Coping with competing demands: Interruption and the type A pattern. In: *Journal of Applied Psychology* 73 (1988), S. 621–629
- [KK04] KÖNIG, C. J. ; KLEINMANN, M. ; WIESE, Individuelle Steuerung beruflicher Entwicklung: Kernkompetenzen in der modernen A. B.S. (Hrsg.) (. B.S. (Hrsg.) (Hrsg.): *Zeitmanagement im Beruf: Typische Probleme und ihre Lösungsmöglichkeiten*. Campus, Frankfurt/Main, 2004. – 109–127 S.
- [KK07] KÖNIG, C. J. ; KLEINMANN, M.: Time Management Problems and Discounted Utility. In: *The Journal of Psychology* 141(3) (2007), S. 321–334
- [KM81] KREIFELDT, J. G. ; MCCARTHY, M. E.: Interruption as a test of the user-computer interface. In: *Proceedings of the 17th Annual Conference on Manual Control*, JPL Publication, 1981, S. 81–95. – 135
- [Koh96] KOHAVI, R.: Scaling Up the Accuracy of Naive-Bayes Classifiers: A Decision-Tree Hybrid. In: *Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (1996)
- [Kok97] KOK, A.: Event-related-potential (ERP) reflections of mental resources: a review and synthesis. In: *Biological Psychology* 45(1-3) (1997), S. 19–56.

- [KS03] KERN, N. ; SCHIELE, B.: Context-Aware Notification for Wearable Computing. In: *ISWC '03: Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers*. USA : IEEE Computer Society, 2003. – ISBN 0-7695-2034-0, S. 223
- [KS06] KERN, N. ; SCHIELE, B.: Towards Personalized Mobile Interruptibility Estimation. In: HAZAS, Mike (Hrsg.) ; KRUMM, John (Hrsg.) ; STRANG, Thomas (Hrsg.): *Location- and Context-Awareness, Second International Workshop (LoCA'06)* Bd. 3987. Berlin Heidelberg, Germany : Springer, 2006 (LNCS), S. 134–150
- [Kuh83] KUHLE, J.: *Motivation, Konflikt und Handlungskontrolle*. Heidelberg : Springer, 1983
- [KW10] KÖNIG, C. J. ; WALLER, M. J.: Time for Reflection: A Critical Examination of Polychronicity. In: *Human Performance* 23 (2010), S. 173–190. – 113
- [Lar91] LARSEN, T.J.: Managers' use of computers: End-user computing in perspective. In: *System Sciences, 1991. Proceedings of the Twenty-Fourth Annual Hawaii International Conference on* Bd. iii, 1991, S. 145–152 vol.3
- [Lat98] LATORELLA, K. A.: Effects of Modality on Interrupted Flight Deck Performance: Implications for Data Link / NASA Langley. 1998. – Forschungsbericht. – 55
- [Lat99] LATORELLA, K. A.: Investigating Interruptions: Implications for Flightdeck Performance / NASA Langley. NASA Langley Technical Report Server, 1999. – Forschungsbericht
- [LDM02] L., Franke J. ; DANIELS, J. J. ; MCFARLANE, D. C.: Recovering Context after Interruption. In: *24 th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 2002, S. 310–315
- [LZJ02] LU, L. ; ZHANG, H. ; JIANG, H.: Content Analysis for Audio Classification and Segmentation. In: *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing* 10 (2002), S. 504–516
- [MBd04a] MONK, Christopher A. ; BOEHM-DAVIS, Deborah A.: Recovering from interruptions: Implications for driver distraction research. In: *Human Factors* 46 (2004), S. 650–663
- [MBDT] MONK, C. A. ; BOEHM-DAVIS, D. A. ; TRAFTON, J. G.: In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting*
- [McF02] MCFARLANE, D.: Comparison of four primary methods for coordinating the interruption of people in human-computer interaction. In: *Hum.-Comput. Interact.* 17 (2002), Nr. 1, S. 63–139. – ISSN 0737-0024
- [MGH05] MARK, G. ; GONZALEZ, V. M. ; HARRIS, J.: No task left behind?: examining the nature of fragmented work. In: *CHI '05: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. USA : ACM, 2005. – ISBN 1-58113-998-5, S. 321–330
- [MGK08] MARK, G. ; GUDITH, D. ; KLOCKE, U.: The cost of interrupted work: more speed and stress. In: *CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. USA : ACM, 2008. – ISBN 978-1-60558-011-1, S. 107–110
- [MGVP04] MINASSIAN, A. ; GRANHOLM, E. ; VERNEY, S. ; PERRY, W.: Pupillary dilation to simple vs. complex tasks and its relationship to thought disturbance in schizophrenia patients. In: *International Journal of Psychophysiology* 52 (2004), Nr. 1, 53 - 62. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T3M-4BTY4FF-4/2/25adf5b3fbe0a87578e51ba75aba97ac>. – ISSN 0167-8760. – Pupillometric Measures of Cognitive and Emotional Processes

-
- [Mil06] MILEWSKI, A. E.: Interruption Management and Telephone Call Screening. In: *In International Journal of Human-Computer Interaction* 20 (1) (2006), S. 19–33
- [Mit97] MITCHELL, T. M.: *Machine Learning*. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 1997. – ISBN 0070428077
- [MM99] MCFARLANE, D. C. ; MCFARLANE, I.: *Coordinating the interruption of people in human-computer interaction*. 1999. – 54
- [MN86] MIYATA, Y. ; NORMAN, D. A.: Psychological issues in support of multiple activities. In: *In User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction* Eds. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J (1986), S. 265–284
- [MP77] MILFORD, J. T. ; PERRY, R. P.: A Methodological Study of Overload. In: *The Journal of General Psychology* 97 (1977), July, S. 131–137. – [109]
- [MS00] MILEWSKI, A. E. ; SMITH, T. M.: Providing presence cues to telephone users. In: *CSCW '00: Proceedings of the 2000 ACM conference on Computer supported cooperative work*. USA : ACM, 2000. – ISBN 1–58113–222–0, S. 89–96
- [MT01] MYNATT, E. ; TULLIO, J.: Inferring calendar event attendance. In: *IUI '01: Proceedings of the 6th international conference on Intelligent user interfaces*. USA : ACM, 2001. – ISBN 1–58113–325–1, S. 121–128
- [NBG09] NEUSTAEDTER, C. ; BRUSH, A. J. ; GREENBERG, S.: The calendar is crucial: Coordination and awareness through the family calendar. In: *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 16 (2009), Nr. 1, S. 1–48. – ISSN 1073–0516
- [Nip88] NIPPA, M.: Gestaltungsgrundsätze für die Büroorganisation: Konzepte für eine informationsorientierte Unternehmensentwicklung unter Berücksichtigung neuer Bürokommunikationstechniken. In: *Berlin: Schmidt*. (1988)
- [NTF05] NONIS, S. A. ; TENG, J. K. ; FORD, C.W.: A cross-cultural investigation of time management practices and job outcomes. In: *International Journal of Intercultural Relations* 29 (2005), S. 409–428
- [OEC09] OECD: Take the Test - Sample Questions from OECD's Pisa Assessments. In: *OECD publishing, Paris* (2009)
- [OF95] OCONAILL, B. ; FROHLICH, D.: Timespace in the workplace: dealing with interruptions. In: *CHI 95: Conference companion on Human factors in computing systems*. USA : ACM, 1995. – ISBN 0–89791–755–3, S. 262–263
- [Pal99] PALEN, L.: Social, individual and technological issues for groupware calendar systems. In: *CHI '99: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. USA : ACM, 1999. – ISBN 0–201–48559–1, S. 17–24
- [Per99] PERLOW, L. A.: The time famine: Toward a sociology of work time. In: *In Admin. Sci. Quart.* 44,1 (1999), S. 57–81. – 152
- [RJ08] ROPER, K. A. ; JUNEJA, P.: Distractions in the Workplace Revisited. In: *Journal of Facilities Management* 6 (2) (2008), S. 91–109
- [RS90] REDER, S. ; SCHWAB, R. G.: The temporal structure of cooperative activity. In: *CSCW '90: Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work* (1990), S. 303–316. ISBN 0–89791–402–3

- [RSI98] ROWE, D. ; SIBERT, J. ; IRWIN, D.: Heart Rate Variability: Indicator of User State as an Aid to Human-Computer Interaction. In: *CHI'98: Conference on Human factors in computing systems*, 1998
- [SB75] SANDERS, G. S. ; BARON, R. S.: The motivating effects of distraction on task performance. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 32 (1975), December, Nr. 6, S. 956–963
- [Sch09] SCHMITT, J.: *Anpassungsfähige Kontextbestimmung zur Unterstützung von Kommunikationsdiensten*, Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Multimediakommunikation, Diss., 2009
- [SF05] SPIRA, J. B. ; FEINTUCH, J. B.: The Cost of Not Paying Attention: How Interruptions Impact Knowledge Worker Productivity. In: *New York: Basex* (2005)
- [SHRS08] SCHMITT, J. ; HOLLICK, M. ; ROOS, R. ; STEINMETZ, R.: Adapting the User Context in Realtime: Tailoring Online Machine Learning Algorithms to Ambient Computing. In: *Mobile Networks and Applications* 3(6) (2008), S. 583–598
- [SKHS07] SCHMITT, J. ; KROPFF, M. ; HOLLICK, M. ; STEINMETZ, R.: The Virtual Assistant: Framework and Algorithms for User-Adaptive Communication Management / TU-Darmstadt, Multimedia Communications Lab (KOM). Version: Dec 2007. <ftp://ftp.kom.tu-darmstadt.de/pub/TR/KOM-TR-2007-08.pdf>. Germany, Dec 2007 (KOM-TR-2007-08). – Forschungsbericht
- [SKR⁺08] SCHMITT, J. ; KROPFF, M. ; REINHARDT, A. ; HOLLICK, M. ; SCHÄFER, C. ; REMETTER, F. ; STEINMETZ, R.: An Extensible Framework for Context-aware Communication Management Using Heterogeneous Sensor Networks / KOM - TU-Darmstadt. Version: Nov 2008. <ftp://ftp.kom.tu-darmstadt.de/pub/TR/KOM-TR-2008-08.pdf>. 2008 (TR-KOM-2008-08). – Forschungsbericht
- [SKRH09a] SCHMITT, J. ; KROPFF, M. ; REINHARDT, A. ; HOLLICK, M.: *ContextFramework.KOM - Eine offene Middleware zur Integration heterogener Sensoren in eine Kontext-sensitive Kommunikationsplattform*. Software Demonstration, KuVS Software Preis, Feb 2009
- [SKRH09b] SCHMITT, J. ; KROPFF, M. ; REINHARDT, A. ; HOLLICK, M.: *ContextFramework.KOM - Eine offene Middleware zur Integration heterogener Sensoren in eine Kontext-sensitive Kommunikationsplattform*. Software Demonstration, KuVS Software Preis. <ftp://www.kom.tu-darmstadt.de/pub/papers/SKR09-kuvs-sw-preis.pdf>. Version: Feb 2009
- [SN04] STEINMETZ, R. ; NAHRSTEDT, K.: *Multimedia Systems*. Springer, 2004
- [Spi07] SPIEKERMANN, S.: *User Control in Ubiquitous Computing: Design Alternatives and User Acceptance*, Institut für Wirtschaftsinformatik, Habilitation, 2007
- [SQ09] SUKESHINI, A. G. ; QUENTIN, J.: Conceptualizing Interpersonal Interruption Management: A Theoretical Framework and Research Program. In: *Hawaii International Conference on System Sciences* 0 (2009), S. 1–10. ISBN 978-0-7695-3450-3
- [SR08b] SPIEKERMANN, S. ; ROMANOW, A.: Interruption Management for Systems Design - A Research Overview (August, 21 2008). / Humboldt University Berlin (Germany) Institute of Information Systems. 2008. – Forschungsbericht
- [SVV97] SPEIER, C. ; VALACICH, J. S. ; VESSEY, I.: The effects of task interruption and information presentation on individual decision making. In: *ICIS '97: Proceedings of the eighteenth international conference on Information systems*. USA : Association for Information Systems, 1997. – ISBN ICIS1997-X, S. 21–36

-
- [SVV99] SPEIER, C. ; VALACICH, J. S. ; VESSEY, I.: The influence of task interruption on individual decision making: An information overload perspective. In: *Decision Sciences* 30(2) (1999), S. 337–360. – 56
- [SVV03] SPEIER, C. ; VESSEY, I. ; VALACICH, J. S.: The effects of interruptions, task complexity, and information presentation on computer-supported decision-making performance. In: *Decision Sciences* 34 (2003), S. 771 –797
- [TABM03] TRAFTON, J. G. ; ALTMANN, E. M. ; BROCK, D. P. ; MINTZ, F. E.: Preparing to resume an interrupted task: effects of prospective goal encoding and retrospective rehearsal. In: *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 58 (2003), Nr. 5, S. 583–603. – ISSN 1071–5819
- [Tet99] TETARD, F.: On Fragmentation of Working Time: a Study of Causes and Effects on Work Interruptions. In: *Institute for Advanced Management Systems Research*. (1999). – 159
- [TGMN02] TULLIO, J. ; GOECKS, J. ; MYNATT, E. D. ; NGUYEN, D. H.: Augmenting shared personal calendars. In: *UIST '02: Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology*, ACM, 2002. – ISBN 1–58113–488–6, S. 11–20
- [VNM02] VOIDA, A. ; NEWSTETTER, W. C. ; MYNATT, E. D.: When conventions collide: the tensions of instant messaging attributed. In: *CHI '02: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM Press, 2002. – ISBN 1581134533, S. 187–194
- [Wic02] WICKENS, C. D.: Multiple resources and performance prediction. In: *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 3 (2002), S. 159 – 177
- [Yan96] YANG, Li-chiung: Interruptions and Intonation. In: *ICSLP-1996: 4th International Conference on Spoken Language Processing*. Philadelphia, PA, USA, October 1996, S. 1872–1875
- [YJ08] YERKES, R. ; J., Dodson: The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. In: *Journal of Comparative Neurology and Psychology* 18 (1908), S. 459–482
- [ZGPL05] ZHANG, Y. ; GOONETILLEKEA, R. S. ; PLOCHER, T. ; LIANG, S.-F. M.: Time-related behaviour in multitasking situations. In: *Int. J. Human-Computer Studies* 62 (2005), S. 425–455. – 175
- [ZRLK99] ZIJLSTRA, F. R. H. ; ROE, R. A. ; LEONORA, A. B. ; KREDIET, I.: Temporal Factors in Mental Work: Effects of Interrupted Activities. In: *Journal of Occupational and Organizational Psychology* 72 (1999), S. 163–185. – 131



Veröffentlichungen

- [KET⁺10] KROPFF, M. ; ELLERMEIER, W. ; THIO, V. ; KATTNER, F. ; GRÄF, M. ; STEINMETZ, R.: Bedarf für ein sensorbasiertes, computergestütztes Störungs-Management-System. In: *Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten: 56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft*, 2010
- [KKH⁺06] KROPFF, M. ; KROP, T. ; HOLLICK, M. ; MOGRE, P. S. ; STEINMETZ, R.: A Survey on RealWorld and Emulation Testbeds for Mobile Ad hoc Networks. In: *Proceedings of 2nd IEEE International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities (TRIDENTCOM 2006)*, 2006
- [KRL⁺08] KROPFF, M. ; REINL, C. ; LISTMANN, K. ; PETERSEN, K. ; RADKHAH, K. ; SHAIKH, F. K. ; HERZOG, A. ; STROBEL, A. ; JACOBI, D. ; STRYK, O. von: MM-ulator: Towards a Common Evaluation Platform for Mixed Mode Environments. In: SIMULATION, Modeling (Hrsg.) ; AUTONOMOUS ROBOTS (SIMPAR 2008), Programming for (Hrsg.): *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Springer, Nov 2008, S. 41–52
- [MHK⁺08] MOGRE, P. ; HOLLICK, M. ; KROPFF, M. ; STEINMETZ, R. ; SCHWINGENSCHLÖGL, C.: A Note on Practical Deployment Issues for Network Coding in the IEEE 802.16 MeSH Mode. In: IEEE (Hrsg.): *Proceedings of the 1st IEEE International Workshop on Wireless Network Coding (IEEE WiNC 2008) co-located with IEEE SECON 2008, San Francisco, USA*, IEEE, Jun 2008, S. online
- [RHG⁺08] REINHARDT, A. ; HENNECKE, J. ; GOTTWALD, S. ; M.KROPFF ; SCHMITT, J. ; HOLLICK, M. ; STEINMETZ, R.: Tubicles: Heterogeneous Wireless Sensor Nodes - Testbed Objectives and Assembly Instructions / Multimedia Communications Lab, Technische Universität Darmstadt. Version: Dec 2008. <ftp://ftp.kom.tu-darmstadt.de/pub/TR/KOM-TR-2008-09.pdf>. Merckstr. 25, 64283 Darmstadt, Germany, Dec 2008 (TR-KOM-2008-09). – Forschungsbericht
- [RKHS08] REINHARDT, A. ; KROPFF, M. ; HOLLICK, M. ; STEINMETZ, R.: Designing a Sensor Network Testbed for Smart Heterogeneous Applications. In: *Proceedings of the Third IEEE International Workshop on Practical Issues in Building Sensor Network Applications (SenseApp 2008)*, Montreal, Canada, 2008. – ISBN 978–1–4244–2412–2, S. 715 – 722
- [RSZ⁺10] REINHARDT, A. ; SCHMITT, J. ; ZAID, F. ; MOGRE, P. S. ; KROPFF, M. ; STEINMETZ, R.: Towards Seamless Binding of Context-aware Services to Ubiquitous Information Sources. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS-2010)*, 2010. – ISBN 978–0–7695–3967–6, 69-74
- [SKHS07] SCHMITT, J. ; KROPFF, M. ; HOLLICK, M. ; STEINMETZ, R.: The Virtual Assistant: Framework and Algorithms for User-Adaptive Communication Management / TU-Darmstadt, Multimedia Communications Lab (KOM). Version: Dec 2007. <ftp://ftp.kom.tu-darmstadt.de/pub/TR/KOM-TR-2007-08.pdf>. Germany, Dec 2007 (KOM-TR-2007-08). – Forschungsbericht
- [SKR⁺08] SCHMITT, J. ; KROPFF, M. ; REINHARDT, A. ; HOLLICK, M. ; SCHÄFER, C. ; REMETTER, F. ; STEINMETZ, R.: An Extensible Framework for Context-aware Communication Management Using Heterogeneous Sensor Networks / KOM - TU-Darmstadt. Version: Nov 2008. <ftp://ftp.kom.tu-darmstadt.de/pub/TR/KOM-TR-2008-08.pdf>. 2008 (TR-KOM-2008-08). – Forschungsbericht

-
- [SKRH09] SCHMITT, J. ; KROPFF, M. ; REINHARDT, A. ; HOLLICK, M.: *ContextFramework.KOM - Eine offene Middleware zur Integration heterogener Sensoren in eine Kontext-sensitive Kommunikationsplattform*. Software Demonstration, KuVS Software Preis. <ftp://www.kom.tu-darmstadt.de/pub/papers/SKR09-kuvs-sw-preis.pdf>. Version: Feb 2009
- [ZSM⁺10] ZAID, F. ; SCHMITT, J. ; MOGRE, P. S. ; REINHARDT, A. ; KROPFF, Matthias ; STEINMETZ, Ralf: *Sorting the Wheat from the Chaff: Adaptive Sensor Selection for Context-aware Applications*. In: *In Proceedings of The Second International Workshop on Information Quality and Quality of Service for Pervasive Computing*, 2010. – ISBN 978-0-7695-3965-2

Betreute studentische Arbeiten

- [Ber08] BERBIS, R.: *Sensor Platzierungsstrategien zur Datenkommunikation zwischen Rettungskräften und Einsatzzentrale*, Diplomarbeit. 2008
- [Don08] DONY, J.: *ConSign.KOM: Ein kontext-sensitives Türschild zur multimedialen Kommunikation im Ubiquitous Computing*, Studienarbeit. 2008
- [Don10] DONY, J.: *Entwicklung eines drahtlosen Sensorknotens zur Erfassung, Analyse und Steuerung von Energieverbräuchen in Gebäuden*, Diplomarbeit. 2010
- [Mig10] MIGENDA, M.: *Analyse von Kalenderinformationen zur Bestimmung der Kommunikationsverfügbarkeit*, Bachelorarbeit. 2010
- [Pro09] PROESSDORF, M.: *ConSign.KOM: Framework eines elektronischen Türschilds zur Kontexterfassung in der Gebäudeautomatisierung*, Studienarbeit. 2009
- [Rod09] RODENHAUSEN, T.: *Automatisierte Erkennung von PC-Tätigkeiten bei Wissensarbeitern*, Bachelorarbeit. 2009
- [Thi09] THIO, V.: *Arbeitsunterbrechungen und Störungsmanagement*, Bachelorarbeit. 2009
- [Tra09] TRAUTMANN, D.: *ConSign.KOM: Sensorplattform für ein elektronisches Türschild zur Kontexterfassung in der Gebäudeautomatisierung*, Studienarbeit. 2009
- [Unt08] UNTERFINGER, J.: *Leistungsbewertung von energieeffizienten Aggregationsalgorithmen für drahtlose Sensornetze*, Diplomarbeit. 2008
- [Web09] WEBER, T.: *Entwurf einer Applikation zur Spezifikation des Anrufkontext bei Internettelefoniesystems*, Studienarbeit. 2009
- [Zip09] ZIPFEL, T.: *Sensor basierende Verfügbarkeitserkennung für eine Kontext-Sensitive Kommunikationsplattform*, Diplomarbeit. 2009



Anhang



Fragebogen „Unterbrechungen am Arbeitsplatz und Störungsmanagement“

TU Darmstadt

Prof. Wolfgang Ellermeier, Ph.D.	Angewandte Kognitionswissenschaften (FB3)
Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz	KOM – Multimedia Kommunikation (FB18)
Matthias Kropff M.Sc.	KOM – Multimedia Kommunikation (FB18)
Victoria Thio	cand. B.Sc. Psychologie



Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen meiner Bachelorarbeit am Institut für Psychologie der TU Darmstadt und im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes der Fachgruppen Psychologie und Elektro- und Informationstechnik führe ich eine Befragung zum Thema "Unterbrechungen am Arbeitsplatz und Störungsmanagement" durch. Auf den folgenden Seiten werden Ihnen Fragen zu Ihrem Arbeitsplatz, den anfallenden Arbeitsunterbrechungen und wie Sie damit umgehen, gestellt.

Fernziel des Projektes ist es, ein intelligentes, sensor-basiertes Störungsmanagement-System zu entwickeln, welches helfen könnte, effektiver mit Störungen umzugehen. Ihre Meinung ist mir wichtig und ich würde mich sehr freuen, wenn Sie sich etwa 20 Minuten Zeit nehmen, um an der Befragung teilzunehmen.

Wir versichern Ihnen, dass die in dieser Umfrage erhobenen Daten lediglich für Forschungszwecke anonymisiert verwendet und streng vertraulich behandelt werden. Rückschlüsse auf die Identität des Ausfüllenden werden nicht möglich sein. Da dies eine wissenschaftliche Studie ist, bitte ich um ehrliche Antworten.

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme,

Victoria Thio

Studiengang: Bsc. Psychologie

1. Demographische Daten

1.1. Bildungsniveau:		1.2. Geschlecht:		1.3. Alter:	
Kein Schulabschluss	<input type="checkbox"/>	männlich	<input type="checkbox"/>	unter 25	<input type="checkbox"/>
Hauptschule/Volksschule	<input type="checkbox"/>	weiblich	<input type="checkbox"/>	25-35	<input type="checkbox"/>
Realschulabschluss	<input type="checkbox"/>			36-45	<input type="checkbox"/>
Abitur	<input type="checkbox"/>			46-55	<input type="checkbox"/>
Hochschulabschluss	<input type="checkbox"/>			über 55	<input type="checkbox"/>
Promotion	<input type="checkbox"/>				
Habilitation	<input type="checkbox"/>				

2. Arbeitsunterbrechungen

Bewerten Sie bitte, wie weit Sie den folgenden Aussagen zustimmen oder nicht.	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu
1. Ich teile Arbeitskollegen/Mitarbeitern ausdrücklich mit, wenn ich <u>nicht</u> gestört werden will.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Wenn ich an einem langwierigen Projekt arbeite, freue ich mich schon auf die nächste Unterbrechung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. E-Mail-Anfragen oder Anrufer bei Aufgaben, die meine Fachkompetenz voraussetzen, vertröste ich auf einen späteren Zeitpunkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Spontane Unterbrechungen, z.B. während der Erstellung von festgelegten Serienbriefen, können meinen Arbeitsalltag positiv beeinflussen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Wenn ich eine wichtige Besprechung habe, stelle ich sicher, dass diese <u>nicht</u> gestört wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Der Sender einer E-Mail erwartet von mir, dass ich seine Nachricht schnell beantworte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Nach einer Unterbrechung bei Arbeiten, bei denen ich meine Fachkompetenz einsetzen muss, kann ich mich in kürzester Zeit wieder in meine vorherige Aufgabe einarbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Wenn ich ein formelles Anschreiben verfasse, kann ich auch eine Unterbrechung parallel zu meiner Aufgabe bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Wenn mich ein Kollege bei der Bearbeitung von Alltagsaufgaben unterbricht, führt das meist zu einer längeren Unterhaltung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ich besitze eine Aufgabenliste (to-do list), die mir einen Überblick verschafft, was ich heute noch alles erledigen sollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich habe das Gefühl, mich bei komplexen Aufgaben <u>nicht</u> wirklich tief in diese einarbeiten zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Bei der Erledigung eintöniger Routinearbeiten darf man ruhig mal unterbrochen werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Wenn mich meine Arbeit langweilt, suche ich gelegentlich Abwechslung/Zerstreuung (Kaffeemachen, Kollegen aufsuchen, etwas im Internet nachschauen).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Während ich an einem Projekt mittlerer Schwierigkeit arbeite, prüfe ich häufig den E-Mail-Eingang auf neue Nachrichten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Bei Besprechungen/Konferenzen sind Störungen besonders unangenehm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Unter hohem Termindruck schotte ich mich stärker gegen Unterbrechungen ab.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Wenn mein SMS-Benachrichtigungssignal ertönt, dann sehe ich mir die Nachricht umgehend an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Wenn man dauernd bei der Arbeit unterbrochen wird, kommt am Ende wenig heraus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich habe das Gefühl, dass ich am meisten bei Aufgaben, die eine hohe Priorität und Komplexität besitzen, gestört werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Unterbrechungen, die <u>nicht</u> länger als zwei Minuten erfordern, bearbeite ich sofort.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bewerten Sie bitte, wie weit Sie den folgenden Aussagen zustimmen oder nicht.	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu
21. Ich versuche stets über alle Informationskanäle erreichbar zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Bei der Arbeit an einem Projekt, das meine ganze Aufmerksamkeit erfordert, entscheide ich nach der Information auf dem Display, ob ich das Telefonat annehme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Wenn ich bei einer anspruchsvollen Aufgabe unterbrochen werde, notiere ich schnell, wo ich war.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Unterbrechungen sind meist eine gute Quelle neuer Informationen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Bei geistig anspruchsvollen Aufgaben empfinde ich Gespräche von Kollegen mit Dritten, im gleichen Zimmer, als äußerst störend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Ich finde, man sollte mich höflich fragen, wenn man mich spontan bei einer Projektarbeit unterbricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Die häufigen Anfragen während des Arbeitstages erlauben es oft <u>nicht</u> , durchgängig an einem Projekt (z.B. Überarbeitung bestehender Software, Budgetkalkulation) zu arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Ich hasse es, wenn ich bei Berechnungen/Aufstellungen, die Konzentration erfordern, gestört werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Es fällt mir leicht, dort anzuknüpfen wo ich unterbrochen wurde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Ich finde es frustrierend, dass ich keine Kontrolle über Arbeitsunterbrechungen durch Andere habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Unterbrechungen bei administrativen Tätigkeiten nütze ich, um diese aufzuschieben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Planungs- oder konzeptuelle Arbeiten nehme ich mir nur für Zeiten vor, in denen wenige Störungen zu erwarten sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Es ärgert mich, dass Kolleg/innen meinen, mich auch bei Arbeiten, bei denen ich meine Fachkompetenz einsetzen muss, dauernd stören zu dürfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. Es gibt Tätigkeiten bei denen ich absolut <u>nicht</u> gestört werden möchte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. Wenn ich ein konkretes Projekt (z.B. Lehrveranstaltung/Workshop für das neue Semester/Quartal planen, Inventarführung) in Angriff nehme, steht meine Bürotür meist offen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36. Ich signalisiere der unterbrechenden Person deutlich, dass sie mich zu einem ungünstigen Zeitpunkt (neues Programm entwickeln, Problemlösen, neue Software erlernen, usw.) unterbricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37. Wenn ich eine anspruchsvolle Arbeit zu erledigen habe, stelle ich das Telefon ab bzw. leite Anrufe um.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38. Unterbrechungen erhöhen meine Leistung bei langweiligen Aufgaben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39. Man darf mich während meines Arbeitsalltages nur zu bestimmten Zeiten stören.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40. Manchmal verlasse ich meinen Arbeitsplatz mit dem Gefühl, an dem Tag <u>keine</u> einzige neuartige und komplexe Aufgabe erledigt zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bewerten Sie bitte, wie weit Sie den folgenden Aussagen zustimmen oder nicht.	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu
41. Um <u>nicht</u> unterbrochen zu werden, verlege ich hin und wieder meinen Arbeitsplatz an einen anderen Ort.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42. Ich betrachte Unterbrechungen bei anspruchsvollen Aufgaben einfach als Teil meines Jobs.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43. Wenn eine Unterbrechung bei Routineaufgaben auftritt, dann führe ich erst meine Aufgabe zu Ende, und gehe dann darauf ein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44. Unterbrechungen meiner Arbeit bringen mich nicht aus der Ruhe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45. Wenn ich bei weniger anspruchsvollen Aufgaben gestört werde, gleiche ich das durch zügigeres Weiterarbeiten aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Arbeitsbeschreibung

3.1. Bezeichnung der Position: _____

3.2. Abteilung/Fachbereich: _____

3.3. Tätigkeitsdauer in derzeitiger Arbeitsposition: _____ Jahre _____ Monate

3.4. Wie lange liegt Ihr letzter Urlaub zurück? _____ Monate _____ Wochen _____ Tage

3.5. Welche Arten von Arbeit fallen bei Ihrer Tätigkeit an?

3.6. Haben Sie festgelegte Sprechzeiten?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
-----------------------------	-------------------------------

3.7. Wie viel von Ihrer täglichen Arbeitszeit beanspruchen folgende Tätigkeiten: (bitte in Prozenten angeben)?

... kreative Aufgaben (anspruchsvolle Aufgaben, Erfolg hängt von persönlicher Erfahrung und Intuition ab, keine wiederkehrenden Rahmenbedingungen und keine bewährten Lösungsverfahren, hoher Komplexitätsgrad)	%
... regelbasierte Aufgaben (projektorientierte Tätigkeiten, vorangegangene Problemlösungen bieten oft grobe Anhaltspunkte für die Vorgehensweise, wiederkehrende Rahmenbedingungen, mittlerer Komplexitätsgrad)	%
... Routineaufgaben (nach Schema, z.B. Dateneingabe, Text formatieren)	%

3.8. Wie häufig.../ Wie oft...

	Einmal im Monat oder mehr, aber nicht jede Woche	Jede Woche oder mehr, aber nicht täglich	Bis zu 5 mal am Tag	Bis zu 10 mal am Tag	Bis zu 20 mal am Tag
... verlangt Ihr derzeitiger Job, dass Sie sich an <u>strenge Abgabetermine</u> halten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.9. Wie häufig.../ Wie oft...

	Jede Woche	Bis zu 10 mal	Bis zu 20 mal am	Bis zu 30	Mehr als
--	------------	---------------	------------------	-----------	----------

	oder mehr, aber nicht täglich	am Tag	Tag	mal am Tag	30 mal täglich
.... müssen Sie persönlich mit Vorgesetzten/Kollegen/Mitarbeitern sprechen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... erfordert Ihre derzeitige Tätigkeit <u>Telefongespräche</u> ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... erfordert Ihre derzeitige Tätigkeit <u>E-Mail-Kommunikation</u> ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.10. Mit wie vielen Kolleg/innen teilen Sie ein Büro?

> 3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	eigenes Büro <input type="checkbox"/>
---------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------------------

3.11. In welcher Art von Büro arbeiten Sie?

Einzelbüro <input type="checkbox"/>	Mehrpersonenbüro <input type="checkbox"/>	Gruppenraumbüro <input type="checkbox"/>	Großraumbüro <input type="checkbox"/>
----------------------------------------	----------------------------------------------	---------------------------------------------	------------------------------------------

3.12. Wie groß ist Ihre Arbeitsgruppe? (in Personen)

> 50 <input type="checkbox"/>	49 - 20 <input type="checkbox"/>	19 - 10 <input type="checkbox"/>	9 - 3 <input type="checkbox"/>	< 3 <input type="checkbox"/>
----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

3. 13. Bewerten Sie bitte, wie weit Sie den folgenden Aussagen zustimmen oder nicht.

	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu
Einen wesentlichen Teil meiner Arbeitszeit verbringe ich mit Kommunikation und Informationsaustausch mit Anderen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich arbeite hauptsächlich selbstständig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich profitiere viel vom Austausch mit Kollegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei meiner Tätigkeit ist es wichtig, gemeinsam an Projekten zu arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In meinem Unternehmen sind Unterbrechungen der Arbeit für den erfolgreichen Ablauf wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. 14.

	<20%	20 - 40%	40 - 60%	60 - 80%	>80%
Wenn mich jemand anruft, erfragt der Anrufer in __ % der Anrufe Informationen von mir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich angerufen werde erhalte ich in __ % der Anrufe Informationen, die für meine Arbeit wichtig sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.15. Zu welchen Zeiten ? (Kreuzen Sie alles an, was auf Sie zutrifft)

	6 - 8 Uhr	8 - 10 Uhr	10 - 12 Uhr	12 - 14 Uhr	14 - 16 Uhr	16 - 18 Uhr	18 - 20 Uhr	Nie
...werden Sie am meisten gestört?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...würden Sie gerne ungestört arbeiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...darf man Sie stören?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...werden Sie am meisten durch <u>Telefonanrufe</u> gestört?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...werden Sie am meisten durch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.15. Zu welchen Zeiten ? (Kreuzen Sie alles an, was auf Sie zutrifft)								
	6 - 8 Uhr	8 - 10 Uhr	10 - 12 Uhr	12 - 14 Uhr	14 - 16 Uhr	16 - 18 Uhr	18 - 20 Uhr	Nie
Anrufe an Ihrem Handy gestört?								
...werden Sie am meisten durch persönliche Anfragen (face-to-face-Kommunikation) gestört?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...werden Sie am meisten durch E-Mails gestört?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...werden Sie am meisten durch Instant Messenger (z.B. ICQ, Skype) gestört?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.16. Wie oft werden Sie durch Kollegen, aus arbeitsrelevanten Gründen, pro Arbeitstag, im Durchschnitt, gestört? (Dies beinhaltet alle Unterbrechungsarten: Telefon, Instant Messenger, persönliches Gespräch, usw.)					
Nie	1 - 10x	11 - 20x	21 - 30x	31 - 45x	> 45x
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.17. Wie lange halten diese Unterbrechungen, im Durchschnitt, an? (in Minuten)				
1 - 3	4 - 9	10 - 15	16 - 29	> 29
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.18. Wie lange brauchen Sie, um nach einer Unterbrechung wieder in den Rhythmus Ihrer Arbeit zurückzukommen? (in Minuten)					
Praktisch keine Zeit	1 - 3	4 - 9	10 - 15	16 - 29	> 29
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.19. Wie viele Unterbrechungen sind Ihrer Meinung nach pro Tag tolerierbar, idealerweise?					
Keine	1 - 10x	11 - 20x	21 - 30x	31 - 45x	> 45x
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Kommunikationsmedien

4.1. Wie viel von Ihrer täglichen Arbeitszeit beanspruchen...?							
	0 Minuten	1 - 30 Minuten	31 - 60 Minuten	1 - 1.5 Stunden	1.6 - 2 Stunden	2+ Stunden	Nicht vorhanden
...Arbeitstelefon?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...Handy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...persönliche Gespräche (face-to-face-Kommunikation)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...SMS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...Instant Messenger (z.B. ICQ, Skype)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...Sonstiges (bitte angeben) -----	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Welches Kommunikationsmittel ist für Sie am wichtigsten?

5. Methoden für den Umgang mit Störungen

5.1. Sind sie zufrieden damit, wie an Ihrem Arbeitsplatz ... Störungen gehandhabt werden?				
	Nein	Eher Nein	Eher Ja	Ja
...für mich selbst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...für die Arbeitsgruppe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.2. Für wie <u>dringlich</u> halten Sie <u>Verbesserungen</u> ...				
	Nicht dringlich	Eher nicht dringlich	Eher dringlich	Dringlich
...für meine Person	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...für die Arbeitsgruppe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.3. Welche <u>technischen</u> Hilfsmittel für den Umgang mit Störungen könnten Sie sich vorstellen? <u>Falls ja</u> , wem dürften diese Informationen zugänglich sein? (Mehrfachnennung möglich)					
	Freunde	Arbeitsgruppe	Abteilung	Bekanntschaft	Fremde
Informationen aus Ihrem eigenen Kalender	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Audiosensor, der die Sprechaktivität oder Sprecher erkennt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PC-Sensor erkennt, welches Programm Sie gerade benutzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informationen über Ihre Telefonaktivität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auskunft über Ihren relativen Stresslevel durch psychophysiologische Sensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auskunft über Ihre Aktivitäten mit Hilfe einer Videokamera in Ihrem Büro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vielen Dank für Ihre Zeit und Mitarbeit!

Sozialbasierte Störungsaufgaben:

1. Weltkarte:

1. „nennen Sie mir bitte die Hauptstadt von Algerien“
2. „Durch welche Länder verläuft der Äquator in Afrika?“
3. „Können Sie mir bitte die angrenzenden Länder von Bolivien nennen?“
4. „Nennen Sie bitte die Hauptstädte von Estland, Slowenien, Costa Rica.“

2. Aktenordner:

1. „Suchen Sie bitte den roten Ordner aus dem Rollcontainer und schauen Sie nach, wie viele krankheitsbedingte Fehltage Frau Schmidt dieses Jahr schon hatte und wie alt Frau Fischer ist?“
2. „Wie viele Fehltage sind insgesamt gemeldet worden?“
3. „Wie viele Urlaubstage stehen noch aus, wenn jede Person 40 Tage Urlaub machen darf?“

3. Kalender:

1. „Die Vollversammlung soll am 28.06.10 stattfinden. Welcher Wochentag ist das? Wo findet die Vollversammlung statt? Und wann beginnt sie?“
2. „Die Weihnachtsfeier soll in der 2. Dezemberwoche stattfinden. Welches Datum hat dieser Freitag?“
3. „Suchen Sie bitte die Geburtsdaten von Frau Maier, Herr Seligmann, Frau Kleiber, Herr Roßmann und Frau Köhler heraus.“

4. Wörterbuch:

„Suchen Sie bitte für die folgenden englischen Wörter die deutschen Begriffe heraus: hereto, excisable, custom-built, tabulation“

5. Klammern:

„Suchen Sie bitte alle gelben und blauen Büroklammern raus!“

6. Soziodemographischer Fragebogen:

„Füllen Sie bitte noch diesen Fragebogen aus!“

Erhebung Persönlicher Informationen

Wie alt sind Sie? _____ Jahr

Welches Geschlecht haben Sie? Männlich ☐ / Weiblich ☐

Wie lange Arbeiten Sie pro Woche am PC? Durchschnittlich _____ Stunden

Welchen Beruf üben Sie zur Zeit aus? _____

Welchen Studiengang besuchen Sie zur Zeit? _____

Ihr Code: _____

Wie schwierig fanden Sie die mathematischen Aufgaben? (bitte ankreuzen)

Sehr leicht sehr schwierig	leicht	mittel	schwierig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schwer fanden Sie die textbasierten Aufgaben? (bitte ankreuzen)

Sehr leicht sehr schwierig	leicht	mittel	schwierig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie störend fanden Sie die Unterbrechungen? (bitte ankreuzen)

gar nicht störend extrem störend	kaum störend	mäßig störend	sehr störend
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was glauben Sie wurde in diesem Versuch untersucht?

A Weitere Auswertungsergebnisse Untersuchungen Online-Kalender

	Klassifizierer				
	ZeroR	JRip	J48	Naive Bayes	SMO
Kalenderdatensatz 1	68.75%	56.25%	56.25%	62.5%	56.25%
Kalenderdatensatz 2	71.79%	64.10%	69.23%	64.10%	69.23%
Kalenderdatensatz 3	60%	93.33%	93.33%	60%	93.33%
Kalenderdatensatz 4	96.88%	96.88%	96.88%	96.88%	96.88%
Kalenderdatensatz 5	58.06%	64.52%	90.32%	70.97%	58.06%
Kalenderdatensatz 6	55.81%	67.44%	58.14%	62.79%	46.51%
Kalenderdatensatz 7	55.32%	89.36%	87.23%	63.83%	78.72%
Kalenderdatensatz 8	44.44%	55.56%	55.56%	50%	58.33%
Kalenderdatensatz 9	53.49%	79.07%	74.42%	41.86%	67.44%
Kalenderdatensatz 10	52.5%	72.5%	72.5%	65%	80%
Kalenderdatensatz 11	44%	58%	68%	60%	56%
Kalenderdatensatz 12	51.28%	69.23%	89.74%	43.59%	84.62%
Kalenderdatensatz 13	55.17%	58.62%	55.72%	55.17%	55.17%
Kalenderdatensatz 14	38.46%	48.72%	35,9%	61.54%	61.54%
Kalenderdatensatz 15	51.72%	79.31%	82.76%	51.72%	51.72%
Durchschnitt	57,18%	70,19%	72,4%	60,66%	62%

Tabelle A.1: Klassifikationsgenauigkeit der einzelnen Kalenderdatensätze bei einer 10-fachen Kreuzvalidierung in Bezug auf die Klasse Verfügbarkeit



B Merkmalsbetrachtung Unterbrechbarkeitsniveau

Informationsgehalt	Fenstergröße x 20 Sek.	Sensor-Typ
0.649	3	SUM TIME eclipse.exe
0.526	15	NUM Key EVENT TYPE LETTER
0.489	15	NUM Key EVENT TYPE PUNCTUATIONMARK
0.471	1	SUM TIME eclipse.exe
0.471	3	NUM Key EVENT TYPE LETTER
0.454	3	SUM TIME firefox.exe
0.454	3	SUM TIME thunderbird.exe
0.454	15	SUM TIME thunderbird.exe
0.454	15	SUM AMOUNT word unknown
0.454	15	NUM Word
0.422	15	NUM Key EVENT TYPE CONTROL
0.399	3	NUM Key EVENT TYPE PUNCTUATIONMARK
0.392	90	NUM Key EVENT TYPE CONTROL
0.392	90	SUM TIME thunderbird.exe
0.392	45	SUM TIME thunderbird.exe
0.389	3	NUM Word
0.377	15	SUM TIME eclipse.exe
0.363	1	SUM TIME firefox.exe
0.355	3	SUM AMOUNT German
0.351	3	NUM Key EVENT TYPE CONTROL
0.348	90	NUM Key EVENT TYPE LETTER
0.308	1	SUM TIME thunderbird.exe
0.308	15	NUM Key EVENT TYPE FUNCTION
0.308	15	SUM TIME vncviewer.exe
0.291	3	SUM AMOUNT word unknown
0.28	3	NUM Key EVENT TYPE FUNCTION
0.28	45	SUM TIME taskmgr.exe
0.28	90	SUM TIME taskmgr.exe
0.28	3	SUM TIME vncviewer.exe
0.279	3	NUM Key EVENT TYPE NAVIGATION
0.279	45	SUM TIME eclipse.exe
0.268	90	NUM Word
0.268	90	SUM TIME eclipse.exe
0.261	3	NUM Key EVENT TYPE NUMERAL
0.234	15	SUM AMOUNT German
0.228	90	NUM Language EVENT TYPE
0.228	1	SUM AMOUNT German
0.212	1	NUM Key EVENT TYPE PUNCTUATIONMARK
0.2	1	NUM Key EVENT TYPE CONTROL
0.177	1	NUM Key EVENT TYPE LETTER

Tabelle B.1: Informationsgewinn einzelner Merkmale absteigend sortiert.



C Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Matthias Kropff
Geburtsdatum: 28.01.1979
Geburtsort: Bad Soden am Taunus
Nationalität: Deutsch

Akademischer Werdegang

seit 10/2009 Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Multimediatechnik, Wissenschaftlicher Mitarbeiter

10/2006 - 09/2009 Promotionsstipendium im Rahmen des DFG-Graduiertenkolleg 1362 *Co-operative, Adaptive and Responsive Monitoring in Mixed Mode Environments*

10/2003 - 09/2006 Technische Universität Darmstadt
Studiengang: Master Informations- und Kommunikationstechnik
Abschluss: M.Sc. Informations und Kommunikationstechnik

1999 - 2003 Hochschule Darmstadt
Studiengang: Elektrotechnik Telekommunikation
Abschluss: Diplom-Ingenieur (FH)

1995 - 1998 Berufliches Gymnasium Hofheim Brühlwiesenschule
Abschluss: Abitur

Berufliche Tätigkeiten

seit 10/2009 Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Multimediatechnik, Wissenschaftlicher Mitarbeiter

01/2008 - 09/2009 Wissenschaftlicher Mitarbeiter, KIMK Gesellschaft für Kommunikation- und Informationstechnologie, Seeheim-Jugenheim

03/2003 - 09/2004 Studentische Hilfskraft, Fraunhofer Institut für Sichere Telekooperation (SIT) Darmstadt

1998 - 1999 Grundwehrdienst, 6. Fernmelderegiment 920. Kastellaun



D Erklärung laut §9 der Promotionsordnung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Dissertation allein und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur verfasst habe. Die Arbeit hat bisher noch nicht zu Prüfungszwecken gedient.

Darmstadt, 2010

Matthias Kropff M.Sc.
